



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**“VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E
INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE
IMBABURA-ECUADOR”**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en
Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas**

DIRECTOR:

Ing. Guillermo Beltrán Michilena, MSc.

AUTOR:

Martha del Rocío Muenala Muenala

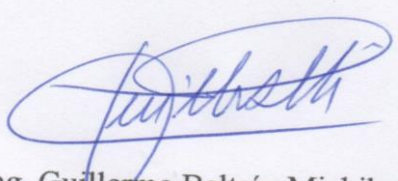
IBARRA - ECUADOR

2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Grado, presentado por la Ingeniera Martha del Rocío Muenala Muenala, para optar por el grado de Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación (privada y pública) y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 7 días del mes de Marzo del 2018.



Ing. Guillermo Beltrán Michilena, MSc
TUTOR

APROBACIÓN DEL ASESOR

“VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE IMBABURA-ECUADOR”

Por: Martha del Rocío Muenala Muenala

Trabajo de Grado de Maestría aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte,
por el Asesor, a los 24 días del mes de Abril del 2018.



Ing. Oscar Armando Rosales, MSc.
ASESOR

AUTORÍA

Yo; Martha del Roció Muenala Muenala, portadora de la cedula de ciudadanía N° 100399750-7 declaro que la presente investigación denominada: **“VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE IMBABURA-ECUADOR”**, es de mi autoría y responsabilidad, y se han respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes.



Martha del Roció Muenala Muenala
CI: 100399750-7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		1003997507	
APELLIDOS Y NOMBRES		Muenala Muenala Martha del Rocío	
DIRECCIÓN		Calle principal Comunidad de Azama-Otavalo	
E-MAIL		mdmuenalam@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO	0981165029	TELÉFONO MÓVIL	0981165029
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE IMBABURA-ECUADOR”		
AUTOR:	Muenala Muenala Martha del Rocío		
FECHA:	24/04/2018		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	POSTGRADO		

TÍTULO POR EL QUE SE OPTA:	Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
DIRECTOR:	Ing. Guillermo Beltrán Michilena, MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Martha del Rocío Muenala Muenala, con cédula de ciudadanía Nro. 100399750-7, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de Abril del 2018.

EL AUTOR:



Martha del Rocío Muenala Muenala
CI: 100399750-7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Martha del Rocío Muenala Muenala con cédula de ciudadanía Nro. 100399750-7 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominada: “VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE IMBABURA-ECUADOR” que ha sido desarrollada para optar por el título de Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 24 días del mes de Abril del 2018.



Martha del Rocío Muenala Muenala
CI: 100399750-7

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz que guía mi camino y por darme la fuerza, la voluntad y la sabiduría necesaria para cumplir y alcanzar cada meta que me he planteado.

A mis padres Gloria y Manuel por ser el pilar fundamental de mi vida, que con esfuerzo y amor supieron guiarme por el camino del bien, a ellos dedico mi esfuerzo y sacrificio.

A mis hermanos Washington y Diego, a pesar de nuestras diferencias a ellos dedico este trabajo, este pequeño y a la vez gran logro en mi vida. A mi hermana Cecilia por su cariño y compañía y por haber estado pendiente del avance de este trabajo que me decía “tu puedes, ya mismo terminas”. A mis abuelitas Dolores y Juana por su inmenso amor para conmigo y a mis sobrinos Joshelyn y Luis W. por ser la alegría del hogar.

A Víctor por su apoyo incondicional durante el desarrollo de este trabajo y por su compañía, comprensión, amor y cariño en los momentos buenos y malos desde que él llegó a mi vida.

A Juan Alcívar (+) compañero y amigo que también perseguía este sueño, pero te nos adelantaste a la vida eterna, este esfuerzo va dedicado a ti ya que antes de irte nos dejaste tu ejemplo de dedicación y sacrificio para alcanzar los sueños. Este logro es el tuyo también ya que así lo habrías hecho.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos de clases por su amistad, compañerismo y apoyo durante el tiempo compartido.

Martha M.

RECONOCIMIENTO

Al Instituto de Postgrado de la Universidad Técnica del Norte por haber sido parte de mi formación académica y a su cuerpo de docentes quienes compartieron sus conocimientos tanto del ámbito académico como de la vida; impulsándonos a ser cada día mejores.

Mi especial reconocimiento al Ing. Guillermo Beltrán, MSc. Tutor de esta tesis; por su apoyo incondicional y orientación en el desarrollo de este trabajo, de la misma manera al Ing. Oscar Rosales MSc. por su valioso aporte al trabajo investigativo que permitió su culminación exitosa

A los GAD's municipales de Otavalo y Cotacachi por su colaboración con parte de la información base necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

A los líderes comunitarios de la cuenca del Río Blanco por su participación e interés en el tema planteado.

A todas aquellas personas, amigos y compañeros/as de aula de la maestría que de una u otra manera me ayudaron a cumplir este sueño.

Martha M.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
APROBACIÓN DEL ASESOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iv
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.....	vi
DEDICATORIA	vii
RECONOCIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de la investigación	3
1.2. Objetivo de la investigación	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Preguntas Directrices	6
1.4. Justificación	6
MARCO REFERENCIAL	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Referentes teóricos	11
2.2.1. Desastres	11
2.2.2. Riesgo	12

2.2.3. Amenaza	13
2.2.4. Inundaciones	13
2.2.5. Deslizamientos	14
2.2.5.1. Tipos de deslizamientos	16
2.2.6. Vulnerabilidad	17
2.2.6.1. Evaluación de la vulnerabilidad.....	19
2.2.7. Gestión de riesgos de desastre	20
2.2.7.1. Reducción de riesgos.....	21
2.2.8. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	21
2.2.8.1. Evaluación de amenazas y riesgos por medio de SIG	22
MARCO METODOLÓGICO	24
3.1. Descripción del área de estudio	24
3.2. Diseño y tipo de investigación.....	25
3.3. Procedimiento de investigación	25
3.3.1. Fase I. Recopilación de información.....	25
3.3.2. Fase II. Identificación de las amenazas de deslizamientos e inundaciones	26
3.3.2.1. Amenaza de deslizamientos.....	26
3.3.2.2. Amenaza de inundaciones	40
3.3.3. Fase III. Determinación de la vulnerabilidad	45
3.3.3.1. Metodología para análisis de la vulnerabilidad	46
3.3.4. Fase VI. Propuesta de medidas de mitigación y prevención.....	50
3.4. Consideraciones bioéticas.....	50
RESULTADOS	51
PROPUESTA.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los movimientos en masa.	15
Tabla 2. Parámetros cartográficos	26
Tabla 3. Ponderación del factor pendiente	28
Tabla 4. Ponderación del factor formación geológica-litología	29
Tabla 5. Ponderación del factor cobertura vegetal	31
Tabla 6. Ponderación del factor textura de suelos.....	33
Tabla 7. Ponderación del factor precipitaciones	35
Tabla 8. Calificativos de grado de amenaza de deslizamientos	39
Tabla 9. Factores y ponderación para modelo de inundaciones.....	41
Tabla 10. Escala de valoración de las variables y factores de vulnerabilidad	46
Tabla 11. Funciones para la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes.....	47
Tabla 12. Componentes, variables y criterios de evaluación para la determinación de la Vulnerabilidad por Exposición.....	48
Tabla 13. Componentes, variables y criterios de evaluación para dererminación de la Vulnerabilidad por Fragilidad	48
Tabla 14. Componentes, variables y criterios de evaluación para dererminación de la Vulnerabilidad determinado por la Capacidad de Adaptación y Respuestas	49
Tabla 15. Matriz de evaluacón para determinar la Vulnerabilidad por Capacidad de Gobernanza y Gestión Territorial.....	50
Tabla 16. Niveles de amenaza de deslizamientos	51
Tabla 17. Niveles de amenaza de inundaciones	54
Tabla 18. Matriz de dos dimensiones para determinar VEI y la VEP en la cuenca del río Blanco	56
Tabla 19. Vías de la cuenca del río Blanco en zonas con amenaza de deslizamientos	57
Tabla 20. Exposición a amenazas de deslizamientos de las viviendas de la cuenca del Río Blanco	58
Tabla 21. Comunidades y número de familias de la cuenca del río Blanco.....	61
Tabla 22. Porcentaje de NBI en las parroquias que conforman la cuenca del río Blanco.....	61
Tabla 23. Orden de importancia de los principales problemas/necesidades que las comunidades de la cuenca, consideran deben ser atendidas por los organismos estatales.....	64
Tabla 24. Matriz de evaluación para determinar la vulnerabilidad por capacidad de gobernanza y gestión territorial de la cuenca del río Blanco.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamientos traslacionales.....	15
Figura 2. Deslizamientos rotacionales.....	17
Figura 3. Factores de riesgo de desastres desde un enfoque holístico.....	20
Figura 4. Ubicación política-administrativa del área de estudio..	24
Figura 5. Ubicación del área de estudio.....	25
Figura 6. Mapa de pendientes reclasificado.....	28
Figura 7. Mapa de geología (formaciones geológicas –litología).....	30
Figura 8. Mapa de geología reclasificado.....	31
Figura 9. Mapa de cobertura vegetal.....	32
Figura 10. Mapa de cobertura vegetal reclasificado.....	33
Figura 11. Mapa de textura de suelos.....	34
Figura 12. Mapa de textura de suelos reclasificado.....	34
Figura 13. Mapa de precipitaciones.....	36
Figura 14. Mapa de precipitaciones reclasificado.....	36
Figura 15. Modelo cartográfico para amenazas de deslizamientos.....	38
Figura 16. Mapa de amenaza de deslizamientos de la cuenca del río Blanco.....	39
Figura 17. Mapa de geomorfología.....	42
Figura 18. Mapa de profundidad del suelo.....	43
Figura 19. Modelo cartográfico para amenazas de inundaciones.....	44
Figura 20. Mapa de amenaza de inundaciones de la cuenca del río Blanco.....	45
Figura 21. Resultados de VEE.....	59
Figura 22. Resultados de VESP.....	60
Figura 23. Consolidado de los resultados obtenidos en la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes (VG) en la cuenca del río Blanco.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapas.....	90
Mapa 1. Mapa de pendientes de la cuenca del río Blanco.....	91
Mapa 2. Mapa de formaciones geológicas-litología de la cuenca del río Blanco.....	92
Mapa 3. Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Blanco.....	93
Mapa 4. Mapa textura de suelos de la cuenca del río Blanco.....	94
Mapa 5. Mapa de precipitaciones de la cuenca del río Blanco.....	95
Mapa 6. Mapa de amenaza de deslizamientos de la cuenca del río Blanco.....	96
Mapa 7. Puntos de deslizamientos presentes en la cuenca del río Blanco.....	97
Mapa 8. Mapa de geomorfología de la cuenca del río Blanco.....	98
Mapa 9. Mapa profundidad del suelo de la cuenca del río Blanco.....	99
Mapa 10. Mapa de amenaza de inundaciones de la cuenca del río Blanco.....	100
Mapa 11. Infraestructura de la cuenca del río Blanco, sobre mapa de amenaza de deslizamientos.....	101
Mapa 12. Infraestructura de la cuenca del río Blanco, sobre mapa de amenaza de inundaciones.....	102
Anexo 2. Fichas y registros de campo.....	103
Anexo 2.1. Ficha de Campo-Inventario de deslizamientos.....	104
Anexo 2.2. Coordenadas de los registros de deslizamientos presentes en la cuenca	105
Anexo 2.3. Coordenadas de los registros de deslizamientos representados sobre Mapa de amenazas de deslizamientos.....	107
Anexo 3. Registros Fotográficos.....	108
Anexo 4. Entrevistas.....	114

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- BBC:** Corporación Británica de Radiodifusión
- CPUS:** Conflictos por Uso del Suelo
- CRED:** Centro para la Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres
- FEMICA:** Federación de Municipios del Istmo Centroamericano
- FOPAE:** Fondo de Prevención y Atención de Desastres
- GAD's:** Gobiernos Autónomos Decentralizados
- IEE:** Instituto Espacial Ecuatoriano
- IGM:** Instituto Geográfico Militar
- INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
- INEGEMM:** Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico
- INETER:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
- IPCC:** Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
- MAGAP:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
- MDE:** Modelo Digital de Elevación
- NDEF:** Nivel o grado de Deforestación
- OEA:** Organización de las Naciones Unidas
- PGA:** Plan de Gestión Ambiental
- PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- PDOT:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
- POMCA:** Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas
- SIG:** Sistemas de Información Geográfica
- SNGR:** Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador
- SNPMAD:** Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres
- VCAyGGT:** Vulnerabilidad determinada por la Gobernanza y Capacidad de Gestión
- VCAyR:** Vulnerabilidad determinada por Capacidad de Adaptación y Respuesta
- VCAyRPR:** Vulnerabilidad determinada por Percepción del Riesgo
- VE:** Vulnerabilidad por Exposición
- VEE:** Vulnerabilidad por Exposición de los Ecosistemas
- VEI:** Vulnerabilidad por Exposición de la Infraestructura
- VEP:** Vulnerabilidad por Exposición de la Población
- VESP:** Vulnerabilidad por Exposición de los Sistemas de Producción
- VF:** Vulnerabilidad por Fragilidad

VFA: Vulnerabilidad por Fragilidad Ambiental

VFF: Vulnerabilidad por Fragilidad Física

VFSE: Vulnerabilidad por Fragilidad Socioeconómica

VG: Vulnerabilidad Global

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**“VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E
INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE
IMBABURA-ECUADOR”**

Autor: Martha del Rocío Muenala M.

Tutor: Ing. Guillermo Beltrán, MSc.

Año: 2018

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la cuenca del río Blanco, provincia de Imbabura-Ecuador. El estudio se llevó a cabo en una serie de fases, en las se realizaron varias actividades, a fin de recopilar toda la información necesaria para el análisis e identificación de amenazas por deslizamientos e inundaciones, así como también para la determinación de la vulnerabilidad global y finalmente plantear medidas de prevención y mitigación ante las amenazas y vulnerabilidades (riesgos) identificadas. La identificación de amenazas se realizó mediante el análisis y ponderación de los diferentes factores que intervienen en su susceptibilidad y ocurrencia; para el caso de los deslizamientos se analizaron y ponderaron factores como la pendiente, la geología, cobertura vegetal, textura del suelo y precipitaciones, para el caso de las inundaciones se consideraron la pendiente, geomorfología, precipitaciones, cobertura vegetal y profundidad del suelo; todos estos factores se procesaron mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). El análisis y determinación de la vulnerabilidad se llevó a cabo a base de indicadores, determinadas en función de la exposición a amenazas, fragilidad de los elementos expuestos y la capacidad de adaptación y respuesta; para lo cual fue necesario indagar y procesar diferentes documentos de carácter oficial principalmente; también en esta etapa se realizó trabajo de campo mediante entrevistas semiestructuradas a los líderes comunitarios del área de estudio al igual que a las instituciones responsables de la gestión del territorio en la cuenca como son los Gobiernos Autónomos Decentralizados (GAD's) municipales y parroquiales. Los resultados obtenidos muestran que la cuenca del Río Blanco presenta 4 niveles de amenazas por deslizamientos (alta, media, baja, no aplica), mientras que la amenaza por inundaciones presenta 2 niveles (baja y nula), en cuanto a la vulnerabilidad presenta diferentes niveles por cada componente y la vulnerabilidad global de la cuenca dio como resultado un nivel medio. Con los resultados obtenidos de la identificación de amenazas y vulnerabilidades se desarrolló una propuesta de medidas de prevención y mitigación, esta propuesta contiene tanto medidas estructurales como medidas no estructurales. Los resultados del presente trabajo y las medidas propuestas deben ser consideradas y aplicadas por las autoridades locales y demás actores para promover el desarrollo integral del territorio y su población, incorporando así la gestión de riesgos dentro de los procesos de planificación y ordenamiento territorial.

Palabras claves: amenazas, deslizamientos, inundaciones, vulnerabilidad, medidas de prevención y mitigación

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

“VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BLANCO, PROVINCIA DE IMBABURA-ECUADOR”

Autor: Martha del Rocío Muenala M.

Tutor: Ing. Guillermo Beltrán, MSc.

Año: 2018

ABSTRACT

The present work was carried out in the “Río Blanco” river basin, in Imbabura province, Ecuador. The study was carried out in a series of phases, in which several activities were carried out in order to collect all the necessary information for the analysis and identification of landslide and flood threats, as well as for the determination of global vulnerability and finally propose prevention and mitigation measures against the threats and vulnerabilities (risks) identified. The identification of threats was made through the analysis and weighting of the different factors that intervene in their susceptibility and occurrence; in the case of landslides, factors such as slope, geology, vegetation cover, soil texture and rainfall were analyzed and weighted, in the case of floods factors such as: slopes, geomorphology, rainfall, vegetation cover and soil depth were considered; these factors were processed through Geographic Information Systems (GIS). The analysis and determination of vulnerability was carried out based on indicators determined in terms of exposure to threats, fragility of the exposed elements and the ability to adapt and respond; for which it was necessary to investigate and mainly process different official documents; also in this stage, it was conducted fieldwork through semi-structured interviews with the community leaders of the study area as well as with the institutions responsible for the management of the territory in the basin, such as the municipal and parish Autonomous Decentralized Governments (AGD). The obtained results show that the río Blanco basin has 4 levels of landslide hazards (high, medium, low, does not apply), while flood threat has 2 levels (low and zero), in terms of vulnerability it presents different levels for each component and the overall vulnerability of the basin resulted in an average level. With the results obtained from the identification of threats and vulnerabilities, a proposal of prevention and mitigation measures was developed, this proposal contains both structural and non-structural measures. The results of this work and the proposed measures should be considered and applied by local authorities and other actors to promote the integral development of the territory and its population, thus incorporating risk management into the planning and territorial ordering processes.

Keywords: threats, landslides, floods, vulnerability, prevention and mitigation measures

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los desastres ocasionados por fenómenos naturales han causado la muerte de millones de personas y provocado enormes pérdidas económicas en todo el mundo. Los países más pobres o en vías de desarrollo son los más afectados porque al carecer de recursos financieros e infraestructuras suficientes, más la vulnerabilidad de sus poblaciones; son incapaces de prever fenómenos y su capacidad de respuesta ante un evento adverso es casi nula.

Fenómenos o amenazas naturales y/o inducidos como: los deslizamientos e inundaciones, alteran la estructura y funcionamiento de los sistemas ecológicos, degradan los recursos que sustentan las actividades económicas, provocan la pérdida o daño de la infraestructura y los servicios, ponen en riesgo la seguridad física y patrimonial de las personas (Chávez, Binnqüist y Salas, 2016).

La probabilidad de que estas amenazas se conviertan en desastres, se debe a la presencia u ocurrencia simultánea de la amenaza y la vulnerabilidad. La vulnerabilidad es la condición que define la predisposición intrínseca de un sistema a ser afectado por un fenómeno; mientras que la amenaza se asocia con una serie de eventos naturales o antrópicos, que tienen el potencial de causar daño (Cardona, 2004). Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad es primordial en el estudio de riesgos y gestión de riesgos; ya que las evaluaciones de la vulnerabilidad pueden contribuir en la reducción de los desastres naturales (Gao, Nickum, y Pan, 2007), ayudan a desarrollar medidas de mitigación (Dewan 2013) y promueven el desarrollo de una sociedad resiliente a los desastres (Birkmann 2007, Becker 2014).

Los países de Latinoamérica han atravesado varios desastres ocasionados por fenómenos naturales y/o antrópicos como deslizamientos, erupciones volcánicas, terremotos, inundaciones, entre otros. En los últimos diez años los desastres ocasionados por fenómenos naturales han dejado un saldo de más de 45.000 muertes, 40 millones de damnificados y pérdidas económicas que superan los 20.000 millones de

dólares, con un promedio de 40 desastres significativos al año (Kreimer y Arnold, 2008).

Las amenazas de deslizamientos e inundaciones han estado latentes en nuestro país en los últimos años (2011-2017); por mencionar las más recientes tenemos las inundaciones urbanas como las producidas en los meses de abril y mayo de 2017 en varios sectores de Quito, capital del Ecuador; que generó situaciones de emergencias de diferente índole, de la misma manera en septiembre de 2017 se produjeron inundaciones en el cantón Tena por desbordamiento de tres ríos Tena, Pano y Misahualli. Por otro lado, los deslizamientos han sido una de las amenazas de mayor frecuencia en nuestro país, que viene a representar riesgos de origen natural y/o inducido (socio natural), que deben ser considerados en la planificación de los territorios. Para el estudio y análisis de este tipo de amenazas como también de inundaciones existen herramientas como los Sistema de Información Geográfica (SIG), que permiten analizar e identificar zonas susceptibles y generar modelos y mapas necesarios que ayuden en la planificación del territorio y gestión de riesgos. De igual manera los SIG también son utilizados para analizar parámetros de vulnerabilidad ambiental y de las poblaciones ante las amenazas mencionadas (Senisterra, Gaspari y Delgado, 2015).

Bajo esta perspectiva, el presente estudio tiene por objetivos: la identificación de zonas susceptibles a amenazas de deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Blanco, el análisis y determinación de la vulnerabilidad ante este tipo de amenazas y finalmente en base a los resultados el planteamiento de medidas de reducción de riesgos (prevención y mitigación) asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones para la cuenca de estudio. Este tipo de estudios son fundamentales e indispensables para mejorar el proceso de toma de decisiones y la planificación del territorio en general. Además, podrá ser un aporte para otros estudios que se realicen en la zona.

El presente trabajo en su estructura consta de los siguientes aspectos: El primer capítulo tiene que ver con el problema de investigación, los objetivos, preguntas de la investigación, justificación del problema de la investigación.

En el segundo capítulo se aborda el marco referencial relacionado a las variables de la investigación, en función de antecedentes, un marco conceptual, temporal y espacial.

Dentro de las temáticas enfocadas en este capítulo se encuentran aspectos que tienen que ver con los factores claves en un análisis de riesgo como son las amenazas y la vulnerabilidad, además se indica su forma de identificar y evaluar.

En el tercer capítulo se describe el marco metodológico donde se hace referencia al área de estudio, al diseño y tipo de investigación, el procedimiento de la investigación para el cumplimiento de los objetivos planteados y las consideraciones bioéticas. En el capítulo cuarto se presentan los resultados de la investigación.

El capítulo quinto contiene la Propuesta de Medidas de Prevención y Mitigación de riesgos de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Blanco. Finalmente, en el capítulo sexto se establece las conclusiones y recomendaciones generales de la investigación, con la finalidad de enfatizar los resultados obtenidos través de todo el proceso de estudio.

1.1. Problema de la investigación

Alrededor del 75% de la población mundial vive en zonas que han sido azotadas, al menos una vez entre 1980 y 2000 por un terremoto, un ciclón tropical, una inundación o una sequía, además miles y millones de personas en más de 100 países se ven expuestas periódicamente a fuertes amenazas. Considerando esto se ha comenzado a reconocer las fuertes y graves consecuencias que tienen para el desarrollo humano una exposición tan alta a las amenazas naturales. (PNUD, 2004).

De acuerdo con las estadísticas presentadas por el Centro para la Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED), (2010), en el año 2009 se presentaron 335 desastres de origen natural alrededor del mundo, que afectaron 119 millones de personas y dejaron pérdidas económicas superiores a 41.300 millones de dólares. Del total de desastres ocurridos, el 53 % corresponden a eventos de origen hidrometeorológicos y del total de eventos hidrometeorológicos las inundaciones corresponden al 82,8 % y los movimientos en masa/deslizamientos detonados por lluvias al 17,2 %.

De la misma manera diversos países y sus poblaciones han sufrido catástrofes de gran magnitud por mencionar los más recientes y conocidos el terremoto ocurrido en Haití en el 2010 que según la Corporación Británica de Radiodifusión (BBC) provocó la muerte de alrededor de 200.000 de haitianos. En Latinoamérica el terremoto ocurrido en Chile el mismo año 2010 dejó un saldo aproximado de 1000 muertos.

La misma BBC indica que la pobreza, el estado de la infraestructura y la ineficiencia del gobierno, así como el impacto de la deforestación y la densidad poblacional en áreas vulnerables, exacerbaron el impacto del poderoso sismo en Haití dejando numerosas pérdidas humanas que ya hemos mencionado en el párrafo anterior. Mientras que el mismo año un terremoto 500 veces más poderoso que el que azotó Haití sacudió un área en Chile que es menos poblada, tiene mejores construcciones y menos pobreza. El sismo causó menos de 1.000 muertes.

Un informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), (2007) indica que, durante los últimos años la variabilidad climática (cambios importantes de la precipitación e incrementos de la temperatura) y la ocurrencia de eventos extremos han afectado severamente a Latinoamérica; por esta razón las inundaciones han sido los desastres más frecuentes en los países andinos (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú).

Bajo este contexto en nuestro país sucedió algo parecido a lo ocurrido en Haití y Chile. Lastimosamente inolvidable hasta el día hoy para la mayoría de la población, el terremoto ocurrido en las Costas de nuestro país el 16 de abril del 2016 y sus réplicas que ocasionaron pérdidas humanas, materiales, socioeconómicas y demás; lo mencionado es un claro ejemplo de cuan vulnerables se encontraban estas poblaciones y localidades ecuatorianas ante el fenómeno que se presentó y así mismo dejando abierta la duda de que papel desempeñaban las instituciones encargadas del desarrollo local y la gestión de riesgos.

Con lo mencionado se puede indicar que a nivel país no existieron estudios en estos temas que permitan actuar ante estas realidades, sin embargo desde aproximadamente dos décadas atrás han surgido varios estudios a raíz de eventos históricos sucedidos en temas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, sobre todo estos están impulsados por

instituciones y programas internacionales, así lo corrobora el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador (SNGR), no obstante indican que la generalidad y los vacíos en cuanto a la complejidad de los territorios locales, reflejan un entendimiento muchas veces válido y justificado sólo a nivel nacional y con esta consideración elaboran una propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad a nivel municipal en el año 2012.

Además de esto es evidente la ocupación informal de suelos rurales y de conservación ecológica, y su conversión a suelos urbanos, a través de invasiones y venta de lotes en mercados informales; estos fenómenos son apreciables principalmente en las provincias de la costa ecuatoriana, ello no quiere decir que en los de más territorios de nuestro país no exista este fenómeno. Muchas viviendas han sido levantadas sobre zonas agrícolas, ganaderas, de protección ecológica, quebradas, incluso en zonas consideradas de alto riesgo; se puede mencionar que este tipo de asentamientos humanos se han ido desarrollando a la par con los procesos planificados de urbanización.

Varias localidades del cantón Otavalo han sido afectados a lo largo de su historia por desastres producidos por fenómenos naturales y/o antropicos, gran parte del territorio que comprende la cuenca del río Blanco se encuentra en este cantón y por ende se considera que esta cuenca y sus poblaciones son susceptible a riesgos de deslizamientos e inundaciones; además en varias localidades y sectores pertenecientes a la cuenca del río Blanco se han presenciado escenas de deslizamientos.

Sumándose a lo anterior se tiene que investigaciones y estudios realizados sobre el tema de evaluación de riesgos (amenazas y vulnerabilidades) tanto internacionales como nacionales se centran en analizar los componentes de riesgo en el ámbito urbano; ello está más que justificado por todos los factores y elementos expuestos y sobre todo su densidad poblacional; pero es importante tomar en cuenta las poblaciones urbano marginales y sectores rurales ya que éstas por su ubicación geográfica y sus condiciones de vida, posiblemente sean las más vulnerables ante la presencia de amenazas; sea de fenómenos naturales y/o antrópicos. Surge entonces la necesidad de estudiar estos territorios (cuenca del río Blanco) y incorporarlos con la consideración respectiva en los distintos planes que manejan las autoridades locales, municipales,

provinciales; sean estos Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Gestión de Riesgos u otros.

1.2. Objetivo de la investigación

1.2.1. Objetivo general

- Determinar la vulnerabilidad ante amenazas de deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Blanco-Provincia de Imbabura, como base para el planteamiento de medidas de mitigación y prevención de riesgos (amenazas y vulnerabilidades).

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las zonas susceptibles a amenazas de deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Blanco a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Analizar la vulnerabilidad de la cuenca de estudio, ante amenazas de deslizamientos e inundaciones.
- Plantear medidas de mitigación y prevención para reducir los niveles de riesgo (amenazas y vulnerabilidades) identificados en la cuenca.

1.3. Preguntas Directrices

¿La cuenca del río Blanco es susceptible a amenazas de deslizamientos e inundaciones?

¿La cuenca del río Blanco y sus poblaciones presentan una alta vulnerabilidad frente a amenazas de deslizamientos e inundaciones?

1.4. Justificación

La propuesta de investigación es pertinente ya que se encaja en el perfil de egreso del

programa de Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, en los aspectos de:

- Habilidades desarrolladas para el manejo de herramientas técnicas, sociales y económicas inherentes al ámbito de cuencas y micro cuencas hidrográficas incluyendo SIG, desde la perspectiva de planificación y principios de desarrollo territorial.
- Visión clara de los problemas globales, nacionales y regionales.
- Capacidad para analizar, decidir y llevar a cabo proyectos de manejo de recursos hídricos, en forma creativa e innovadora.

Por otro lado nuestro país el Ecuador a lo largo de los años, ha presenciado varios desastres debido a fenómenos naturales de gran magnitud y extensión, es por eso importante tener conocimiento de las zonas susceptibles a amenazas naturales y de la vulnerabilidad de la población ante las amenazas de fenómenos naturales y socioambientales, para tomar acciones y medidas que permitan minimizar los daños que pueden causar a la población, su economía y al medio ambiente.

Se ha presenciado escenas de deslizamientos e inundaciones en todo el territorio y localidades de nuestro país, algunos de los cuales han sido ampliamente difundidos como las inundaciones ocurridas en este año en la ciudad capitalina del Ecuador Quito, y otras que han sido menos difundidas y han tenido lugar en distintas localidades; las mismas que han ocasionado graves problemas a la población.

Por ello es importante la realización de este tipo de estudios, que ayudan a garantizar los principios constitucionales que menciona nuestra carta magna: Art. 389. El estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y el mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad; de la misma manera contribuirá a llevar a cabo lo mencionado en el Art. 414. de este mismo cuerpo jurídico que es la adopción de medidas para la mitigación al cambio climático y para la conservación de los bosques y la vegetación que permita proteger a la población en riesgo.

En nuestro país la mayoría estudios de riesgos y los planes de gestión de riesgos existen a un nivel macro y general, que presentan vacíos a la hora de aplicar a territorios determinados como cantones y en el caso de nuestro estudio a nivel de cuencas hidrográficas y microcuencas, de ahí la importancia de este tipo de estudios que analicen realidades de estos territorios, y que estos permitan una evaluación integral del riesgo para la construcción de planes de reducción de riesgos aterrizadas con la realidad del territorio en el que se encuentran, las mismas que posibiliten alternativas de acciones y/o inversiones, a los actores sociales y gobiernos locales para elevar los niveles de desarrollo del territorio; esto tiene que ver con dos objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 ya que dado la naturaleza y contexto de la investigación contribuyen a:

Objetivo 2. Auspiciar la igualdad, la cohesión, la inclusión y la equidad social y territorial, en la diversidad.

Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

La humanidad a lo largo de la historia ha sufrido desastres tanto por fenómenos naturales/socio-ambientales y antrópicas en este sentido la BBC indica que, en el año 2010 el planeta sufrió más desastres naturales que lo habitual, cobrándose un cuarto de millón de vidas, y se convirtió así en el año más mortífero en una generación. Además, la incidencia de desastres naturales provocó cuantiosas pérdidas económicas y dejó cientos de miles de damnificados. Terremotos en Haití y Chile, olas de calor y heladas, volcanes en Islandia y Filipinas, inundaciones en Pakistán, Colombia y México fueron los fenómenos no muy habituales ocurridos en ese año.

De la misma manera la BBC indica que el terremoto ocurrido en enero en Haití fué, desde el punto de vista humano, la peor tragedia natural de 2010, que dejó un estimado de 200.000 muertos. La pobreza, el estado de la infraestructura y la ineficiencia del gobierno, así como el impacto de la deforestación y la densidad poblacional en áreas vulnerables, exacerbaron el impacto del poderoso sismo.

Los peligros de origen hidrometeorológico como las inundaciones, son una de las mayores amenazas para el bienestar social, debido a sus efectos multidimensionales, ya que se pierden vidas, afectan la salud de la población por brotes de enfermedades y se agudizan los sentimientos traumáticos en la población afectada (Jha, Bloch y Lamond, 2012, Dewan, 2013).

Cardoso (2017), sostiene que los grupos humanos se sitúan en diferentes posiciones frente a las diversas amenazas, propias del momento histórico y del lugar en que viven, y la vulnerabilidad, como uno de los componentes del riesgo, es la incapacidad o inflexibilidad de una comunidad para absorber los efectos de un cambio en su medio; y esta incapacidad está conformada tanto por características individuales y sociales del entorno en que habitan.

Amenazas y eventos de pequeña escala pueden convertirse en grandes desastres para poblaciones expuestas en función de la adscripción geográfica; la desigualdad social relacionada específicamente al tipo de construcción de las viviendas y su localización; el nivel de organización comunitaria y la calidad de la gestión gubernamental, entre otros factores (González y Maldonado, 2010).

En ese mismo sentido Izzo (2016), manifiesta que el factor humano ejerce un rol determinante en condicionar, positivamente o negativamente, el estado del territorio y, en general, su vulnerabilidad frente a diferentes amenazas.

Cabe mencionar que el carácter aleatorio de los fenómenos hidrometeorológicos favorece a una percepción poco consistente del riesgo en la población ya que, por un lado, se asume la posibilidad de inundación, pero se considera también la posibilidad de que ningún daño se presente; como ejemplo, cada año a final de la temporada de lluvias (septiembre-noviembre) el río Xelajú aumenta su caudal, pero no cada año se desborda (Briones, 2013).

En los diversos estudios que realizan algunos de los autores mencionados hasta ahora en este documento en el tema de los riesgos y sus detonantes, indican que existen tipos o niveles de vulnerabilidad dependiendo estos, de que está expuesto y a que (Cardoso, 2017), es posible distinguir niveles de vulnerabilidad y éste debería ser el diagnóstico del que debe partir toda gestión de riesgos.

Valdivia (2008), manifiesta que los estudios y análisis sobre la vulnerabilidad habitacional a cualquier escala (municipio, asentamiento, ciudad), considerando diferentes factores físicos, brindan a las autoridades locales una información valiosa para la toma de decisiones respecto a la rehabilitación de viviendas y la protección de personas que residan en inmuebles de alta vulnerabilidad y que puedan ser destruidos por un evento hidrometeorológico.

Por otro lado, Vera y Albarracín (2017), indican que la gestión del riesgo es un componente fundamental para la ordenación de cuencas hidrográficas y en general para la gestión integral del territorio; sin embargo, los ejercicios de gestión de riesgos han sido hegemonizados desde las visiones parciales de las ciencias naturales y aplicadas,

por lo que se han centrado principalmente en el análisis de amenazas, dando menor importancia a los componentes de la vulnerabilidad.

Villegas (2015) menciona que las políticas públicas de gestión de riesgos reflejadas en los instrumentos de planificación y gestión como: Plan de Desarrollo, Planes de Ordenamiento Territorial y Planes de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas permiten articular el desarrollo de programas y proyectos en un territorio asociado en municipios y departamentos, con el fin de invertir y localizar infraestructuras que reduzcan la vulnerabilidad y amenaza en áreas que han sido objeto de deslizamientos e inundaciones.

En este contexto López y Sánchez (2011), afirman que en la actualidad los problemas de inundaciones se han venido agravándose en las ciudades, originando daños tanto a la infraestructura vial, como a viviendas y edificaciones que se encuentran expuestas a este tipo de fenómeno natural. Muchas comunidades suelen ocupar y habitar zonas urbanas muy cercanas a quebradas y ríos, sin ponderar las características topográficas de estas áreas y los daños que puedan producirse al ubicar sus viviendas en espacios de alto riesgo.

De acuerdo a lo mencionado es necesario estudios integrales en riesgos que permitan insertarse con sustento y bases en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento territorial para alcanzar una gestión de riesgos más acertada, eficaz y eficiente.

2.2. Referentes teóricos

2.2.1. Desastres

Los desastres son situaciones o procesos sociales que se desencadenan como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o provocados por el hombre, que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una comunidad, causa pérdidas humanas y materiales, efectos sobre la estructura socioeconómica de una región o un país y daños severos al medio ambiente; lo anterior determina la necesidad de asistencia inmediata de las autoridades y de la población para atender a los afectados y restablecer la normalidad (Jiménez, 2004).

Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido, aunque en algunos casos puede controlarse parcialmente. Terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis (maremotos) y huracanes son ejemplos de amenazas que aún no pueden ser intervenidas en la práctica, mientras que inundaciones, sequías y deslizamientos pueden llegar a controlarse o atenuarse con obras civiles y de canalización y estabilización de suelos (FEMICA, 2005).

2.2.2. Riesgo

Riesgo es la probabilidad de daño, destrucción o pérdida esperada en lo social, económico y ambiental como muertes, heridos, pérdidas de propiedades, medios de vida, alteración del medio ambiente, etc. (Milanes, Rodríguez y Olaya, 2017). En este mismo sentido Ocola (2005) menciona que el riesgo, se refiere a la probabilidad que un elemento dado, en una determinada localización y en un período de tiempo dado, sufra pérdidas o daños debido al impacto de un peligro, un daño probable futuro.

La literatura especializada indica que el riesgo está en función de la amenaza o peligro por la vulnerabilidad. $RIESGO = AMENAZA * VULNERABILIDAD$

Esta ecuación indica que no habrá riesgo o posibilidad de daño si no hay amenaza alguna, aunque la vulnerabilidad sea alta; no habrá riesgo si la vulnerabilidad de los elementos o sistemas expuestos a la amenaza es cero, aunque exista la amenaza. No importa cuán severo sea el peligro. Usualmente, no se puede hacer nada para eliminar totalmente el peligro/amenaza, pero sí se puede hacer bastante en disminuir o eliminar las vulnerabilidades (Ocola, 2005); además en la ecuación indicada se considera a la amenaza como un factor externo y a la vulnerabilidad como un factor endógeno o interno de las poblaciones expuestas.

Bajo estas consideraciones se puede decir que el riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. Las amenazas y la vulnerabilidad, por separado, no representan un riesgo, pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre.

2.2.3. Amenaza

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) & la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), (2012), exponen la amenaza como: un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Para Díaz et al, (2005) la amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre que puede ocasionar graves daños a una localidad o territorio. Las principales amenazas a las que está expuesta el Ecuador y su población son los terremotos, sequias, inundaciones, deslizamientos, heladas, erupciones volcánicas, entre otros.

En este trabajo se abarcará el estudio de las amenazas de inundaciones y deslizamientos; entendiéndose a las inundaciones como amenazas naturales y a los deslizamientos como socio naturales.

2.2.4. Inundaciones

Existen o se pueden distinguir dos tipos de inundaciones: desbordamiento de ríos causado por la excesiva esorrentía como consecuencia de fuertes precipitaciones e inundaciones originadas en el mar llamadas inundaciones costeras. Aquí se abordará las inundaciones por desbordamientos de ríos.

Las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los afluentes; esto hace que un determinado curso de aguas rebase su cauce e inunde zonas adyacentes. Las llanuras de inundación son, en general, aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia, y ubicados en zonas adyacentes a cursos de agua. Estas llanuras por estar propensas a inundación son un peligro para las actividades de desarrollo, si la vulnerabilidad de éstas excede un nivel aceptable (Organización de las Naciones Unidas [OEA], citado por González, 2006).

El cambio climático, el cambio en el uso de los suelos (urbanización, deforestación, etc.), los cambios en la topografía terrestre, la falta de mantenimiento en las redes de drenaje, los cauces y llanuras de inundación de los ríos más la modificación de estas últimas debidas a la acción del hombre, son algunas de las causas que ayudan a agudizar el efecto de las inundaciones (León, Marrero, Gómez, Martínez y Escarpín, 2010).

Además es necesario analizar la aportación de la escorrentía superficial a los caudales de los ríos, pues estos aumentan el volumen de sus caudales; pero la cobertura vegetal incide directamente en la transformación de las precipitaciones a escorrentía superficial, en este sentido algunos ecosistemas de bosques como los alto andinos por la baja evapotranspiración, la alta infiltración y capacidad de almacenamiento de agua por los suelos tienen una gran capacidad de regulación hídrica; así, la escorrentía superficial es mínima y la recarga del agua del suelo y del subsuelo es más eficiente (Gerold, Shawe y Back, 2008), la transformación de estos ecosistemas por cultivos o pastizales puede alterar significativamente la relación precipitación-infiltración-escorrentía (Morales, 2008).

Generalmente, en los casos en que el bosque natural es sustituido por otros usos del suelo, como pastos y cultivos, se generan cambios considerables en el régimen hidrológico de las cuencas de alta montaña. Esto es esencialmente resultado del cambio en las propiedades hidrofísicas del suelo y de cambios en la dirección y magnitud de los flujos de agua hacia los ríos y las quebradas. Entre los principales problemas causados por el cambio en el uso del suelo, pueden mencionarse: la erosión, deslizamientos de tierras, inundaciones, degradación del régimen hidrológico y escasez de agua (Tobón et al., 2009).

2.2.5. Deslizamientos

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (Varnes, 1978).

Los movimientos de ladera abordados en el presente documento como deslizamientos son fenómenos geológicos de evolución y cambio del relieve y figuran

entre los procesos más frecuentes que afectan la superficie terrestre. Contrario a las erupciones volcánicas o los terremotos, estos procesos pueden ser provocados por la actuación humana (INETER, 2003).

Los deslizamientos pueden activarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, suelos saturados por fuertes precipitaciones o por el crecimiento de aguas subterráneas y por el socavamiento de los ríos y por actividades antrópicas como la construcción de carreteras, falta de manejo de cobertura vegetal (Beltrán, 2006). A pesar de que los deslizamientos se localizan en áreas relativamente pequeñas, pueden ser especialmente peligrosos por la frecuencia con que ocurren.

Suárez citado por González, (2006), menciona que los deslizamientos consisten en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilizaciones de masa de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, entre otros (actividades antrópicas).

Bajo estas concepciones los deslizamientos son un tipo de movimientos en masa, y es uno de los más comunes que ocurren en la tierra (Chuang y McEwen, 2011).

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden y Varnes, 1996). Existen diferentes clasificaciones de movimientos en masa, con base en diferentes características de acuerdo a varios esquemas de clasificación y estos esquemas varían de acuerdo con el propósito de la clasificación, en la tabla 1, se puede apreciar la clasificación más aceptada de los movimientos en masa, que está en base al tipo de movimiento y el tipo de material.

Tabla 1.

Clasificación de los movimientos en masa

Tipo de movimiento	Tipo de Material	
	Roca	Suelo
		Grano grueso Grano fino

CAÍDAS	Caídas de roca	Caídas de detritos	Caídas de suelos
VOLCAMIENTO	Volcamiento de roca	Volcamiento de detritos	Volcamiento de suelos
DESPLAZAMIENTOS	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de suelos
ROTACIONAL			
TRASLACIONAL			
PROPAGACIÓN LATERAL	Propagación de roca	Propagación de detritos	Propagación de suelos
FLUJOS	Flujo de roca	Flujo de detritos	Flujo de suelos
COMPLEJOS	Combinación de dos o más tipos de movimientos		

Fuente: Varnes, 1978.

2.2.5.1. Tipos de deslizamientos

Deslizamiento traslacional o planar .- Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales (Cruden y Varnes, 1996).

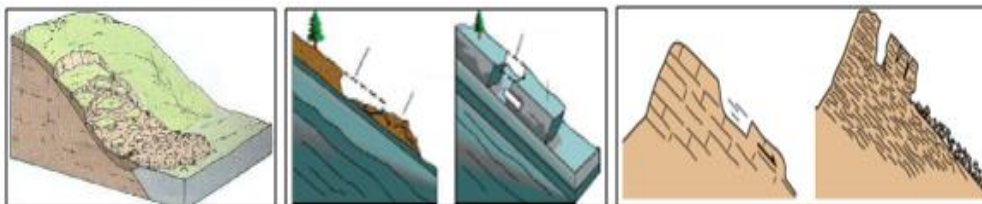
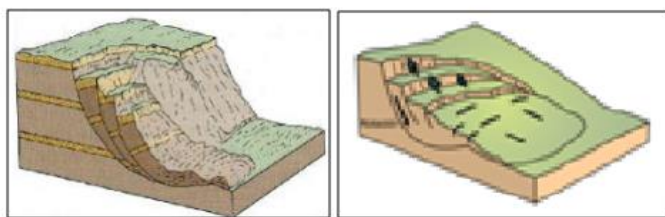


Figura 1. Deslizamientos traslacionales.

Fuente: Varnes, 1978(izquierda); www.usgs.gov.us(centro); Proyecto Multinacional Andino (PMA), 2017(derecha)

Deslizamiento rotacional.- Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava o en zonas de intensa deformación por cizallamiento. Con frecuencia las primeras señales de movimiento del terreno son grietas superficiales y a lo largo de ellas se suele desencadenar el deslizamiento. Por lo tanto, se trata de un movimiento progresivo (Cruden y Varnes, 1996). La ocurrencia de este tipo de deslizamientos en la naturaleza es rara en estado puro ya que rápidamente evoluciona hacia mecanismos combinados. Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. Las velocidades de propagación de la masa deslizada pueden ser muy variables (INETER, 2005).



*Figura 2.*Deslizamientos rotacionales.

Fuente: Varnes, 1978(izquierda); PMA, 2017(derecha)

El Fondo de prevención y atención de desastres (FOPAE), citado por Yépez (2011) distingue dos tipos de deslizamientos de acuerdo a su velocidad:

Deslizamientos lentos.- A menudo son los más importantes, pero también son los menos peligrosos, pues no generan catástrofes, ni cobran vidas humanas, como suelen ocurrir en los deslizamientos rápidos. Se caracterizan por un deslizamiento relativamente lento de las capas superficiales o también capas profundas que arrastran consigo capas superficiales.

A veces apenas son apreciables y afectan poco a las construcciones existentes, carreteras u otras obras, siempre que toda la masa se deslice al mismo tiempo. Si existe una corriente más fuerte, pueden aparecer fisuras, por ejemplo, en edificios.

Deslizamientos rápidos. - Son aquellos donde la velocidad del movimiento es tal que la caída de todo el material puede darse en pocos minutos o segundos. Son frecuentes durante las épocas de lluvias o actividades sísmicas intensas. Como son difíciles de identificar, ocasionan importantes pérdidas materiales y humanas.

2.2.6. Vulnerabilidad

El término vulnerabilidad es utilizado en varios contextos y tiene varias definiciones, por lo que es importante establecer desde el inicio una definición clara que además constituya el marco conceptual bajo el cual se desarrollen los estudios de vulnerabilidad.

El estudio de la vulnerabilidad frente a desastres naturales ha sido objeto de

diferentes investigaciones y por lo tanto, de diversas definiciones:

Se tiene la definición de Wilches (1993) que es uno de los más citados y adaptados en diferentes estudios evaluación de riesgos y vulnerabilidades; el cual indica que la vulnerabilidad es la capacidad que tienen las personas o las comunidades de absorber mediante auto ajuste los efectos de un fenómeno natural. Así mismo explica que la vulnerabilidad es un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el bloqueo o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente desastre.

Blaikie et al (1996), la vulnerabilidad es la capacidad de una persona o grupo de personas para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Tiene que ver con una combinación de factores que determinan el riesgo inminente a la vida y los bienes.

Cardona (2000), define la vulnerabilidad en el concepto de gestión de riesgo, como el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca o susceptibilidad física, económica, social y política que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antropogénicas.

Berrocal (2008) indica que la vulnerabilidad está ligada al estatus socioeconómico del individuo o grupo de personas, y a elementos como etnia, género, edad, acceso a la información, el conocimiento cultural y las redes sociales. Por lo tanto, existen grupos más propensos que otros y niveles diversos de vulnerabilidad o vulnerabilidades diversas.

Considerando estas apreciaciones se puede decir que la vulnerabilidad, puede tener varias dimensiones (variables) dependiendo de los diferentes aspectos que lo caracterizan, vistos desde diferentes perspectivas, estas dimensiones son la física,

económica, social y política principalmente (Wilches, 1993; Cardona, 2003; Berrocal 2008).

La vulnerabilidad, como uno de los componentes del riesgo, es la incapacidad o inflexibilidad de una comunidad para absorber los efectos de un cambio en su medio; y esta incapacidad está conformada tanto por características individuales y sociales del entorno en que habitan (Cardoso, 2017), así mismo indica que existen niveles de vulnerabilidad dependiendo estos, de que está expuesto y a qué, así es posible distinguir niveles de vulnerabilidad y este debería ser el diagnóstico del que debe partir toda gestión de riesgos.

En algunos estudios sobre riesgos a nivel nacional, es utilizada la siguiente definición de vulnerabilidad: “La propensión de un elemento o de un conjunto de elementos a sufrir ataques y daños en caso de manifestación de fenómenos destructores y/o generar condiciones propicias a su ocurrencia o al agravamiento de sus efectos” (D’Ercole, citado por Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD & Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2012).

2.2.6.1. Evaluación de la vulnerabilidad

La determinación y evaluación de la vulnerabilidad está basada en indicadores de diferente índole, Musseta P, Barrientos M, Acebedo E, Turbay S y Ocampo O, (2017), indican que, los indicadores de vulnerabilidad han sido ampliamente utilizados para evaluar los efectos sobre los grupos sociales de diferentes fenómenos como los riesgos naturales y cambio climático. El propósito de los indicadores es cuantificar la vulnerabilidad con miras a fortalecer las capacidades para la adaptación, hacer más eficiente la gestión del riesgo y asignar recursos a las poblaciones, localidades, regiones o países que más lo necesitan.

Una preocupación recurrente en la evaluación o estudio de vulnerabilidades es la escala de los modelos empleados. Así los análisis a escala regional o nacional no evidencian vulnerabilidades locales (Krishnamurthy, Lewis y Choularton 2014); por eso es necesaria trabajos a mayor detalle para poder representar situaciones locales. De la misma manera otra de las preocupaciones relacionadas con la escala es que los límites

político-administrativos no coinciden con los de la unidad de análisis privilegiados en estos estudios como es la cuenca hidrográfica (Musseta et al., 2017)

La posibilidad de medir la vulnerabilidad es una dificultad ampliamente mencionada y se la asocia a problemas como la combinación de datos cualitativos y cuantitativos (Bohórquez, 2013), considerando estas dificultades y en base a la revisión bibliográfica especializada Musseta et al (2017), sostienen que no existen hasta ahora guías para evaluar la vulnerabilidad con base en indicadores que sean universales; lo importante en el estudio y evaluación de la vulnerabilidad es que se expliquen los criterios y los propósitos con los cuales se construyeron los indicadores (Hinkel, 2011).

Con estas consideraciones en el presente estudio, para la determinación de la vulnerabilidad se tomará en cuenta los indicadores y metodología desarrollada por Vera y Albarracín (2017); cuya metodología es desarrollada teniendo en cuenta a la vulnerabilidad como función de tres componentes principales: la exposición ante amenazas naturales, socio-naturales y/o antrópicas; la sensibilidad o fragilidad de los elementos expuestos y la capacidad de adaptación o recuperación. En la figura 3 se puede apreciar la relación de los factores de riesgo (amenaza y vulnerabilidad).

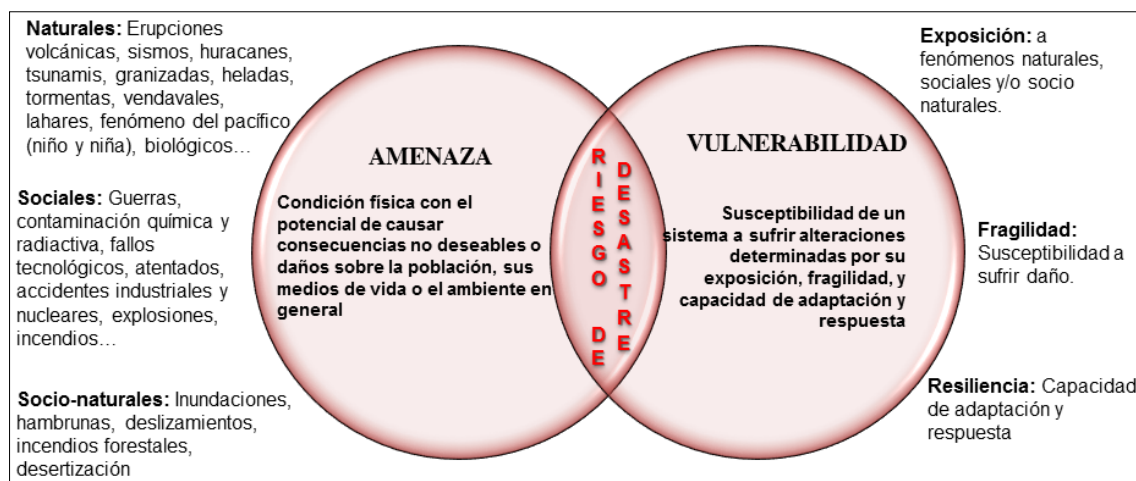


Figura 3. Factores de riesgo de desastres desde un enfoque holístico.

Fuente: Polsky, Neff y Yarnal, 2007

2.2.7. Gestión de riesgos de desastre

La gestión de riesgos definida en forma general se refiere a un proceso social cuyo

último objetivo es la previsión, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo en la sociedad e integrar al logro de pautas de desarrollo humano, económico ambiental y territorial sostenibles. Es así que la gestión del riesgo abarca formas de intervención muy variadas que van desde la formulación e implementación de políticas y estrategias, hasta la implementación de acciones e instrumentos de reducción y control (Narváez, Lavell y Pérez, 2009).

Los eventos físicos peligrosos o amenazas y la vulnerabilidad de la población a amenazas, se conoce como factores de riesgo, sin los cuales el riesgo de desastres no puede existir (Figura 3). La noción de desastres exige niveles de daños y pérdidas que interrumpen de manera significativa el funcionamiento normal de la sociedad, por lo tanto bajar el nivel de daños probables a niveles aceptables o manejables es una de las funciones más importantes de la gestión de riesgos (Narváez, et al., 2009), además una adecuada gestión del riesgo implica, comprometerse en un proceso orientado hacia un desarrollo sostenible (SNPMAD, 2002).

2.2.7.1. Reducción de riesgos

Se puede realizar a través de dos acciones puntuales: prevención y mitigación.

La prevención se refiere a todo el conjunto de medidas o acciones que se emprenden con el fin de evitar o impedir que ocurra un accidente mediante la aplicación del análisis de riesgos de forma anticipada (SNGR, 2010).

Por otro lado, la mitigación tiene que ver con las medidas o acciones de intervención que son implementadas con el fin de reducir el riesgo existente, a la vez que permitirían reducir los daños y el impacto potencial (SNGR, 2010).

2.2.8. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG generalmente son conocidos como un conjunto de software, hardware, recursos humanos, datos y procesos que permite analizar y procesar gran cantidad de información y con ello ayudan al estudio y resolución de problemas de diferente índole, en especial los relacionados a la gestión y planificación del territorio.

Velásquez citado por Salgado (2005) menciona que un SIG es un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos; así mismo indica que los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

2.2.8.1. Evaluación de amenazas y riesgos por medio de SIG

La evaluación de amenazas y riesgos mediante los SIG permiten establecer relaciones espaciales y vincular distintos tipos de información y a su vez contar con información digital de consulta directa, realizar actualizaciones que respondan al dinamismo del problema (Saborío, 2003). De la misma manera Gaspari, Rodríguez, Delgado, Senisterra y Denegri (2011), afirman los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta ideal para el análisis de parámetros con un alto grado de variabilidad espacial y que estos han facilitado el análisis de una serie de factores que determinan la susceptibilidad de amenazas, riesgos y su materialización.

Existen un sin número de trabajos relacionados al tema que utilizan como herramienta los SIG por mencionar algunos:

- “Estudio de estimación de la amenaza por deslizamientos detonados por sismos y lluvia (Valle de Aburrá-Colombia)” cuyo objetivo fue logrado aplicando SIG mediante el desarrollo de modelos cartográficos que consideraron factores topográficos geológicos e hidrológicos principalmente; trabajo realizado por Hidalgo C. y Vega J. en 2014.

- “Determinación de áreas de riesgo por deslizamientos en la Comuna 20 del Municipio de Cali, utilizando SIG, propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones”, estudio realizado por Duque D. en 2011.

- “Calibración de un modelo para la obtención del mapa de susceptibilidad a

deslizamientos en microcuencas de drenaje, estado de Vargas, Venezuela “ cuyo fin era calibrar un modelo en que utilizan factores condicionantes a la ocurrencia de deslizamientos con el mapa de eventos ocurrido en la zona en un determinado tiempo dando como resultado que el modelo cartográfico desarrollado en plataforma SIG es representativo en un 80% para el área de estudio. Trabajo realizado por Pacheco H., Cartaya S. y Méndez W. en 2006.

- “Recolección de elementos para la caracterización de la vulnerabilidad territorial en la cuenca medio-alta del río Nagua, República Dominicana”, cuyo objetivo fue la identificación de factores claves que ayuden a caracterizar la vulnerabilidad de la cuenca de estudio y por ende sentar base para las diferentes cuencas hidrográficas, parte de este trabajo fue realizado en SIG, teniendo como autor a Izzo, M., 2016.

Estos estudios y otro sin número de ellos que no se mencionan indican y permiten afirmar que los SIG son una herramienta útil y válida para este tipo de estudios y además permite contar con una perspectiva de mejorar progresivamente la cartografía sin necesidad de iniciar cada vez nuevos trabajos de base, esto ahorra tiempo y recursos, permitiendo la concentración y focalización s en los estudios actuales que se esté planteando. Sin embargo es importante considerar la escala de la información en muchos casos va a ser necesario generar información base pese a la existente por su escala ya que el dependiente del tipo de estudio a realizarse y sus objetivos se va a ser necesaria información cartográfica a mayor detalle.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

La cuenca del río Blanco está ubicada dentro de la Provincia de Imbabura, y se encuentra compartida entre dos cantones de la provincia: Otavalo (Parroquias San José de Quichiche-rural y San Luis-urbana) y Cotacachi (Parroquias rurales Quiroga y Plaza Gutiérrez)(Figura 4), presenta un área de 88 km² (8880 ha), de las cuales la mayor parte se encuentra en el cantón Otavalo y específicamente en la parroquia San José de Quichiche. Dentro del área se encuentran un total de 15 poblados (comunidades), las mismas que son: Agualongo de Quichinche, Largacunga, Río Blanco, Gualsaqui, Moraspungo, Perugachi, Tangali, Cutambi, Guachinguero, Achupallas, Urcusiqui, Cambugan ubicadas en la parroquia de San José de Quichinche; Pigulca y Gualapuro en la parroquia de San Luis de Otavalo y Ushapungo que es el único poblado del área de estudio que se encuentra en el cantón Cotacachi, parroquia Quiroga (Figura 5).

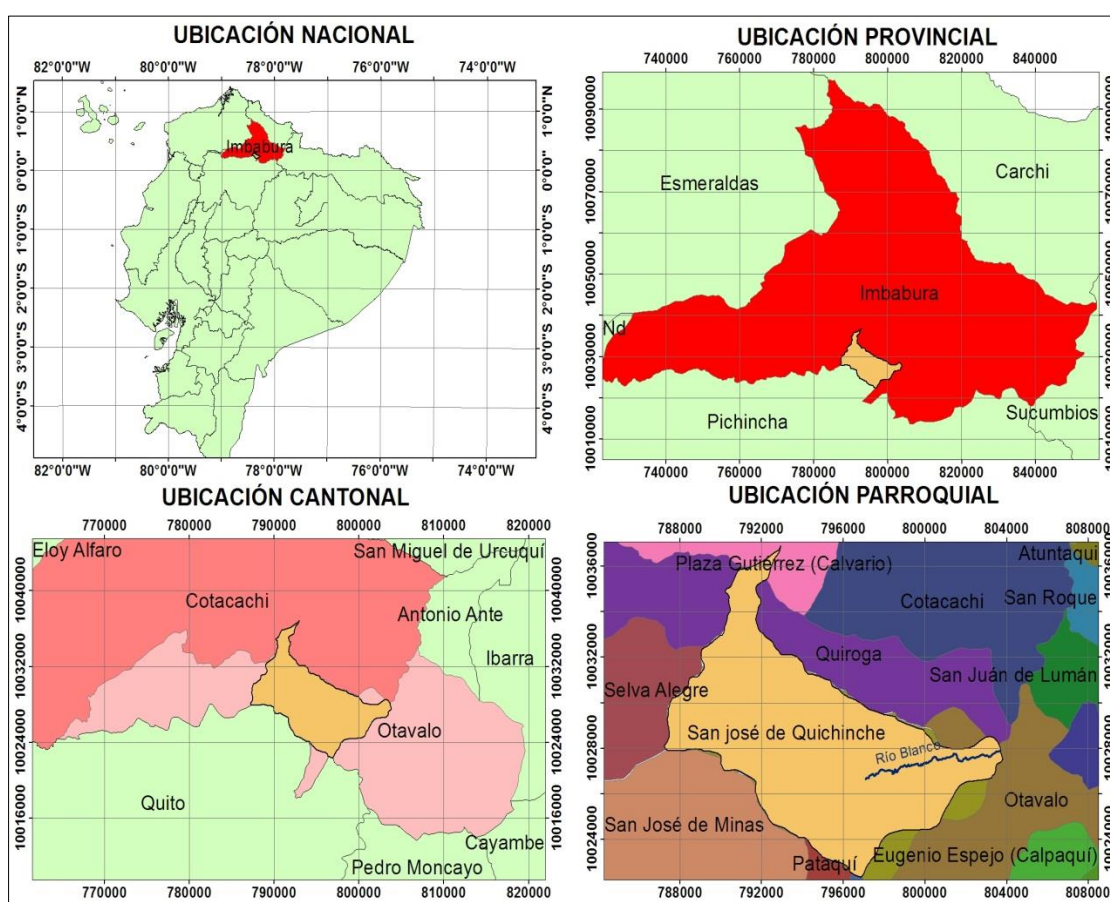


Figura 4. Ubicación política-administrativa del área de estudio

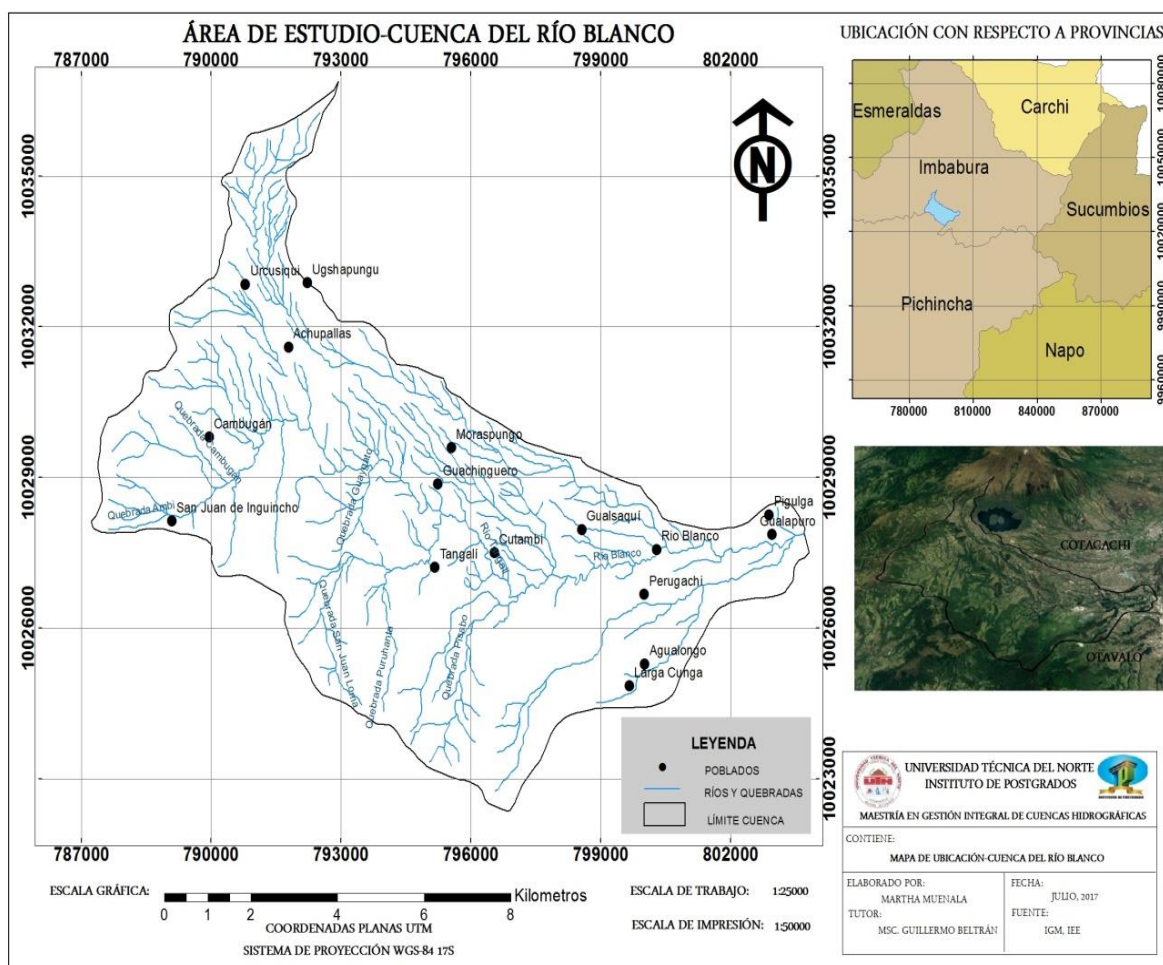


Figura 5. Ubicación del área de estudio

3.2. Diseño y tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuali-cuantitativa (mixta), de tipo descriptiva y el diseño es documental y de campo.

3.3. Procedimiento de investigación

En este trabajo se llevaron a cabo 4 fases que se describen a continuación:

3.3.1. Fase I. Recopilación de información

En esta fase se procedió a investigar y recopilar información documental y cartográfica para su posterior tratamiento y análisis. La información cartográfica que se obtuvo fue la generada por instituciones públicas y otras como son:

- Instituto Geográfico Militar (IGM) –Cartografía base-Escala 1:50000

- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) –Cartografía temática-Escala 1:25000
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INEGEMM)-Hojas geológicas-Escala 1:100000
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), SIGTIERRAS-Ortofotos-Escala 1:5000
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo (GAD-Otavalo)-Catastro de bienes inmuebles-Escala 1:5000
- Gobierno Autónomo Descentralizado Santa Ana de Cotacachi (GAD-Cotacachi)-Catastro de bienes inmuebles-Escala 1:5000
- Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial-Modelo Digital de Elevación (DEM) resolución de 12.5m, obtenida a partir del proceso de resample del SRTM de 30 m, liberado en <https://www.asf.alaska.edu>.

3.3.2. Fase II. Identificación de las amenazas de deslizamientos e inundaciones

En esta fase primero se procedió a la depuración de toda la información recopilada de las instituciones mencionadas anteriormente, considerando el área de estudio y la utilidad de los campos de la base de datos de los mapas temáticos. En cuanto a la estandarización de los datos toda la información cartográfica fue georreferenciada y generada de acuerdo a los parámetros que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Parámetros cartográficos

Parámetros	
Proyección Cartográfica	UTM-Zona 17 Sur “UnivesalTransverseMercator”
Datum	WGS-84 “WorldGeodeticSystem 1984”
Escala	1:25000

3.3.2.1. Amenaza de deslizamientos

En esta fase se procesó toda la información cartográfica recopilada de las diferentes fuentes, se generó un modelo cartográfico para la determinación de áreas con amenazas

de deslizamientos, mediante el análisis y ponderación de factores condicionantes y detonantes (documental y de campo) con el cual se obtuvo el Mapa de Zonificación de Amenazas de Deslizamientos de la cuenca del río Blanco; todo esto se procesó mediante SIG como es, en este caso el ArcGIS 10.3 con licencia temporal, del Laboratorio de Geomática de la Universidad Técnica del Norte.

A continuación, se describe la metodología utilizada en esta fase:

a) Análisis y ponderación de factores condicionantes y detonantes de deslizamientos

La identificación, análisis y ponderación de los factores condicionantes y detonantes a deslizamientos se realizó en base a un análisis exhaustivo de información documental especializada y conocimiento del área de estudio (recorrido general y observación de variables en zonas propensas a deslizamientos). En el presente estudio para la identificación de amenazas de deslizamientos se consideró 5 factores, de los cuales 4 son factores condicionantes (pendientes, geología-litología, cobertura vegetal y textura de suelos) y el factor detonante considerado aquí son las precipitaciones.

Cada factor es representado por un parámetro, valorado en la mayoría de los casos entre 1 a 4 y para la ponderación final cada factor de análisis tiene su ponderación o peso de acuerdo al grado de contribución a la ocurrencia de deslizamientos. Esta metodología empleada es un método indirecto basada en criterio experto; por esta razón se indica que estas ponderaciones pueden variar de acuerdo al análisis que se esté ejecutando y la realidad local.

A continuación, se muestra la ponderación de cada uno de los factores condicionantes y detonantes a deslizamientos:

Factores Condicionantes

1) Factor Pendiente

La ponderación para deslizamientos se basa a que a mayor pendiente mayor es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento. Los relieves inclinados (montañosos y escarpados) establecen un escenario más favorable que una zona plana .

Tabla 3.

Ponderación del factor pendiente

Característica-Rango	Ponderación	Calificativo
Plano(<7°)	1	Bajo
Ondulado(7°-15°)	2	Moderado
Montañoso(15°-30°)	3	Alto
Escarpado(>30°)	4	Muy alto

Fuente: Adaptado de Puente, 2017.

Mapa de Pendientes

Como insumo principal se utilizó el Modelo Digital de Elevación (MDE o DEM) del Satélite ALOS PALSAR de una resolución espacial de 12m, que a partir de este se creó el mapa de pendientes, utilizando la herramienta slope, las unidades de medida de los datos de salida fueron en grados (Anexo 1: Mapa 1), posteriormente con la herramienta reclassify se realizó una reclasificación de los valores (Figura 6) de acuerdo a la ponderación indicada en la Tabla 3.

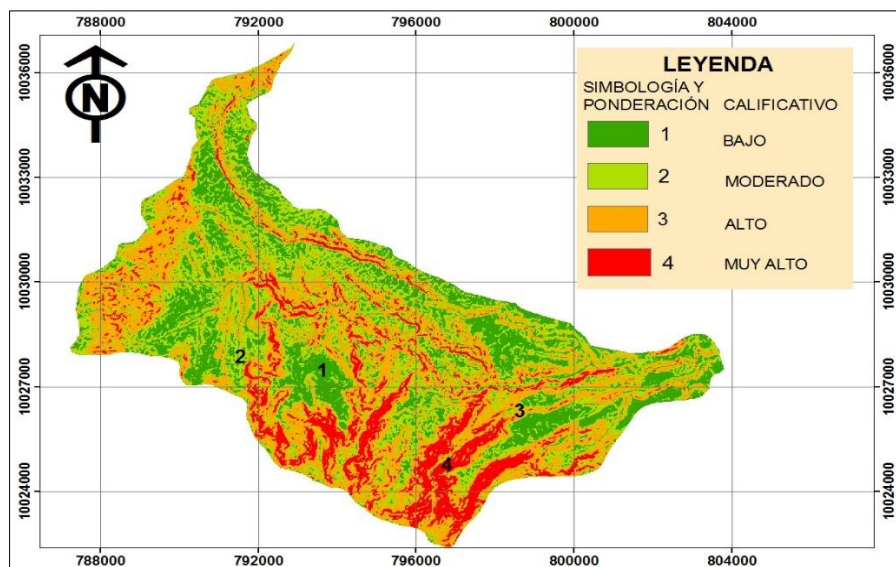


Figura 6. Mapa de Pendientes reclasificado

2) Factor de Geología

El indicador de este factor es su litología, entendiéndose este, como el conjunto de materiales que conforman la estructura geológica e influyen en el relieve, se entiende por materiales de la estructura geológica a las rocas, es decir, asociaciones estables de minerales. (Urbani, 2000). Los tipos de roca y suelo juegan un papel predominante en el

comportamiento dinámico de las laderas, en este sentido Mora R, Vahrson y Mora S., (1992) indican que es un factor determinante para la identificación de la amenaza por movimientos en masa; en nuestro estudio los deslizamientos, que son un tipo de movimientos en masa.

Con lo mencionado está claro que este factor determina que formaciones geológicas son más susceptibles para que se den los deslizamientos. En la Tabla 4 se puede apreciar las formaciones geológicas y la descripción litológica del área de estudio.

Tabla 4.

<i>Ponderación del factor Formación Geológica-Litología</i>			
Formación geológica	Litología	Ponderación	Calificativo
Volcánicos Mojanda	Lavas andesíticas a dacíticas.	1	Bajo
Volcánicos Cotacachi	Flujos piroclásticos, depósitos de caída, lapilli, ceniza y líticos. Pómez blanca amarillenta.	3	Alto
Volcánicos Cushnirumi	Lavas de composición andesítica, depósitos piroclásticos, domos dacíticos.	2	Moderado
Depósitos coluviales	Depósitos de detritos angulosos de material andesítico e intrusivos dispuestos en matriz areno arcilloso.	4	Muy alto
Depósitos aluviales	Depósitos de clastos, gravas, arenas en matriz areno-arcilloso.	3	Alto
Depósitos coluvio- aluviales	Fragmentos de roca angulares mal clasificados inmersos en una matriz arcillosa.	3	Alto
Unidad río Cala	Lava andesítica verdosa con presencia de sulfuros.	2	Moderado
Formación cangahua	Depósito de toba volcánica y ceniza, en la base se encuentran piroclastos, pómez y lapilli.	2	Moderado
No aplica	No aplica	0	No aplica

Fuente: Adaptado de IEE, 2012

Mapa de Geología (Formaciones Geológicas-Litología)

Como insumo se utilizó el mapa de Geomorfología desarrollado por el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) a escala 1:25000 con el cual se determinó en el área de estudio, 8 formaciones geológicas con su descripción litológica (Tabla 4). Cabe indicar que para la simbología de las formaciones geológicas se basó en las Hojas Geológicas del INIGEMM a escala 1:100000. A continuación, se presenta el mapa de las formaciones geológicas-litología de la cuenca del río Blanco, pudiéndose apreciar de mejor manera en el Anexo 1, Mapa 2.

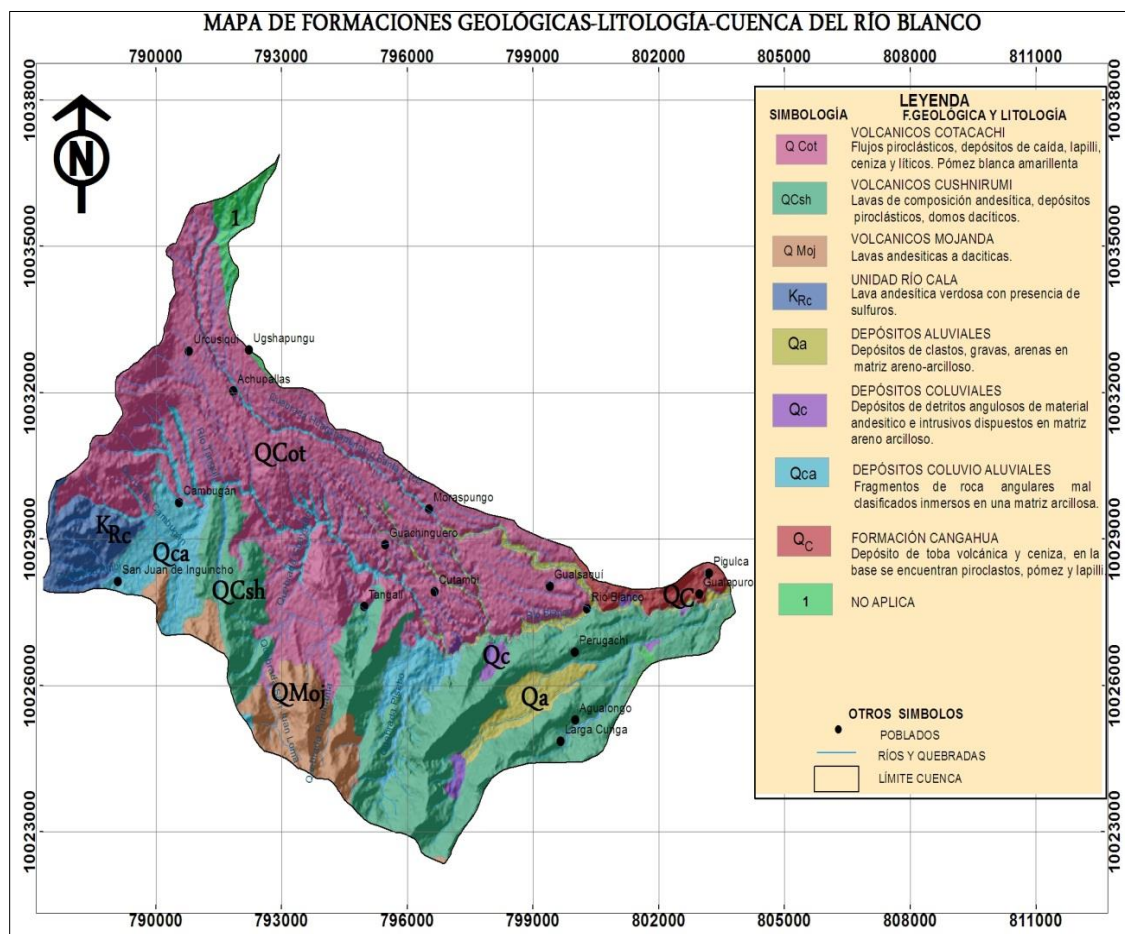


Figura 7. Mapa de Geología (Formaciones Geológicas-Litología)

Posterior a esto se transformó a formato raster el mapa generado, con una resolución espacial de 20 m y se realizó una reclasificación de acuerdo a la ponderación descrita en la Tabla 4, teniendo como resultado el mapa de formaciones geológicas-litología reclasificado (Figura 8); la reclasificación se realizó mediante la herramienta reclassify del software ArcGIS.

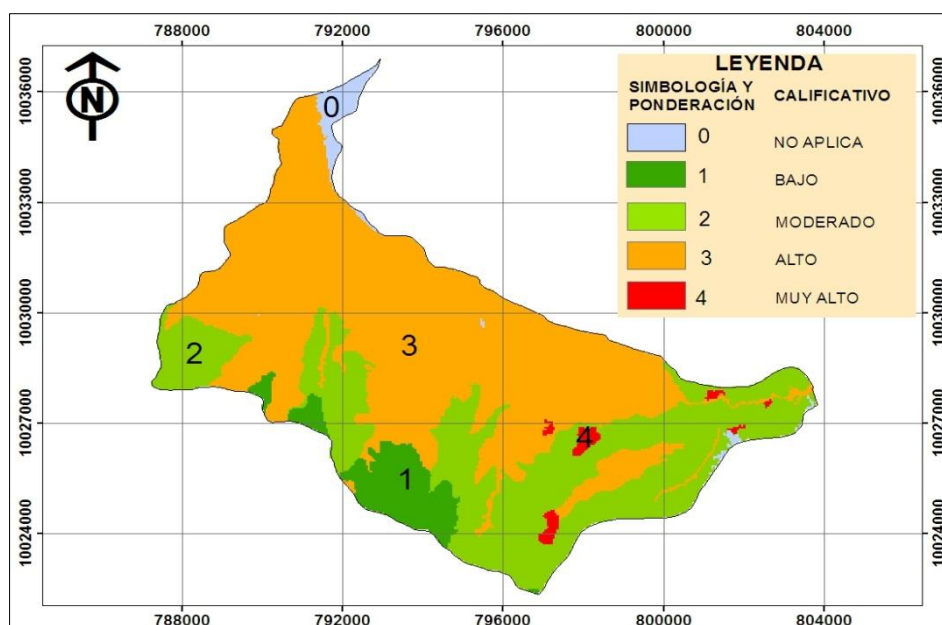


Figura 8. Mapa de Geología reclasificado

3) Factor de Cobertura Vegetal

Este factor es utilizado bajo el criterio de que las zonas sin vegetación son más favorables para que se desarrolle deslizamientos. El tipo, la densidad, la capacidad de interceptación de la cobertura vegetal, constituyen factores de resistencia o favorecimiento de procesos morfodinámicos como la erosión y los movimientos en masa. (Cartaya, Pacheco, Méndez & Carrera, 2010). En áreas de alta pendiente y de coberturas vegetales de ciclos biológicos muy lentos y frágiles, toda intervención en éstas, hace que se aumente la susceptibilidad a la erosión, y a los fenómenos de remoción en masa tal como lo consideran (Roa, 2007; Sampaio, 2006).

En la tabla 5 se describe los tipos de cobertura vegetal identificados en el área de estudio y su respectiva ponderación.

Tabla 5.

Ponderación del factor cobertura vegetal

Nivel I Cobertura	Tipo	Ponderación	Calificativo
Bosque	Bosque húmedo muy alterado	2	Moderado
	Bosque húmedo poco alterado	1	Bajo

Vegetación	Matorral húmedo muy alterado	4	Muy alto
Herbácea y Arbustiva	Matorral húmedo poco alterado	4	Muy alto
	Paramo herbáceo		Moderado
	Vegetación herbácea húmeda muy alterada	2	Muy alto
	Vegetación herbácea húmeda medianamente alterada	4	Muy alto
		4	
Tierras Agropecuarias	Cultivos de ciclo corto	3	Alto
	Pasto Cultivado	3	Alto
	Invernaderos	3	Alto
	Frutales	2	Moderado
Otras Tierras	Afloramientos rocosos	4	Muy alto
	Área en proceso de erosión	4	Muy alto
	Área erosionada	4	Muy alto
Zona antrópica	Zona urbana e infraestructura	0	No aplica

Fuente: Adaptado de IEE, 2012

Mapa de Cobertura Vegetal

Se generó a partir del mapa temático del IEE, en la Figura 9 se aprecia el mapa de cobertura vegetal del área de estudio, y también en el Anexo 1, Mapa 3.

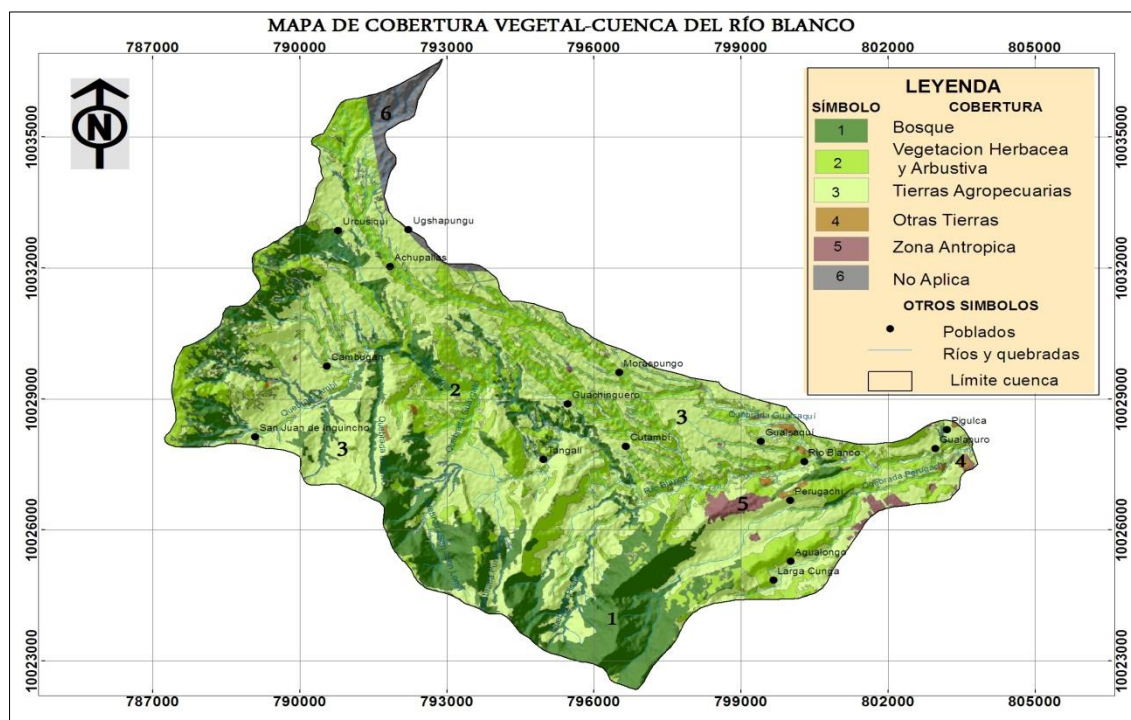


Figura 9. Mapa de Cobertura Vegetal

Una vez generado este mapa se procedió a su conversión en archivo raster de resolución espacial de 20 m y su reclasificación de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 5.

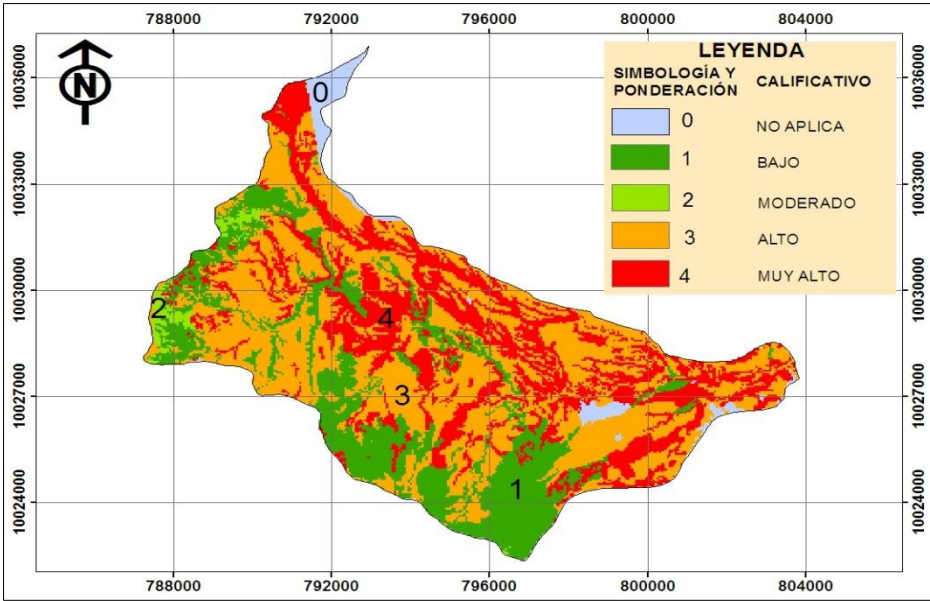


Figura 10. Mapa de Cobertura Vegetal reclasificado

4) Factor Suelo-Textura

El factor suelo según su textura determina las áreas más propensas que otras a deslizamientos.

Tabla 6.

Ponderación del factor textura de suelos

Suelo-Textura	Ponderación	Calificativo
Franco	1	Bajo
Franco arcillo-arenoso	2	Moderado
Franco arcilloso	3	Alto
Franco arenoso	3	Alto
Arcillo-arenoso	3	Alto
No aplica	0	No aplica

Fuente: Adaptado de IEE, 2012

Mapa de textura de suelos

Este se trabajó con el mapa de suelos, generado por el IEE, en el cual se identificó el campo textura, en el Figura 11, se puede apreciar la distribución de 5 tipos de texturas

de suelo del área de estudio y a mayor detalla en el Anexo 1, Mapa 4.

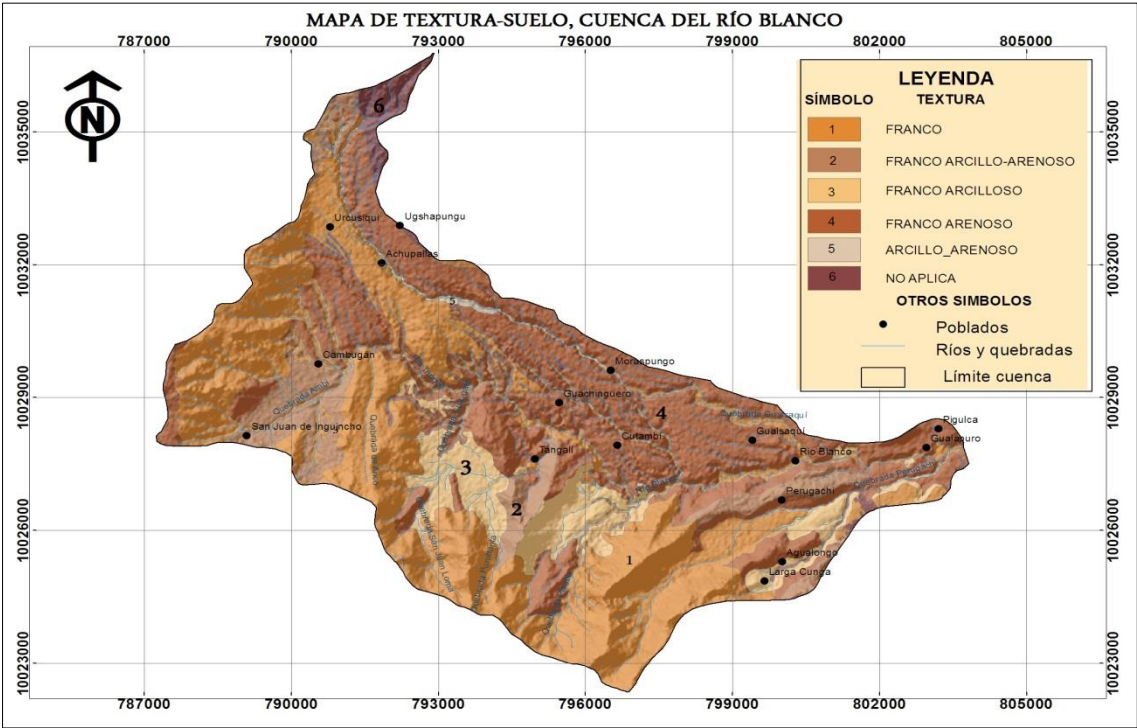


Figura 11. Mapa de Textura de Suelos

A este mapa se realizó la trasformación correspondiente a formato raster resolución espacial de 20 m y su reclasificación de acuerdo a la ponderación indicada en la Tabla 6.

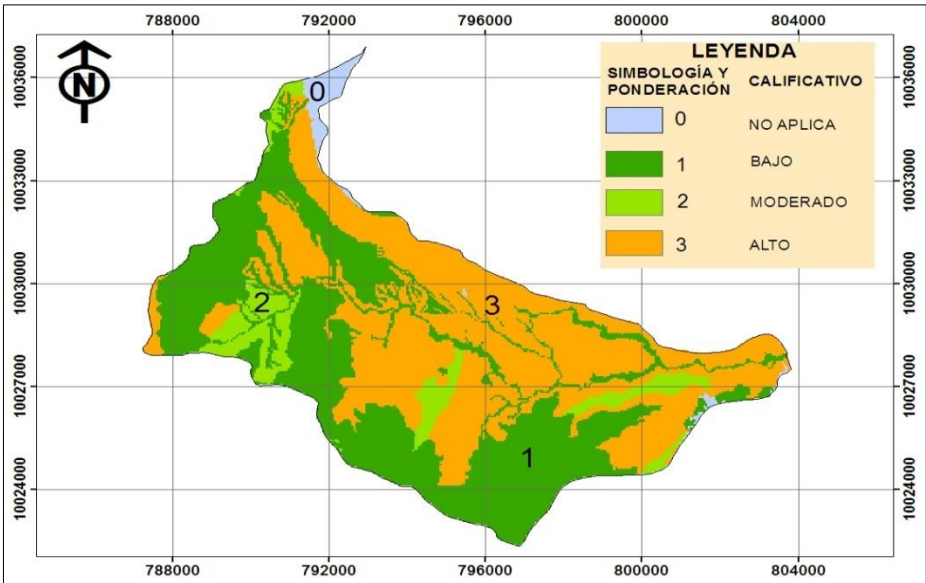


Figura 12. Mapa de textura-suelo reclasificado

Factores Detonantes

Dentro de los factores detonantes, en este estudio se consideró las precipitaciones; pues, pese a que existe muy poca información registrada en la zona de estudio en cuanto a deslizamientos; se tiene conocimiento que en época lluviosa se presentan eventos de deslizamientos que afectan a las poblaciones sobre todo en lo que tiene que ver con transporte y movilidad vehicular y peatonal.

1) Factor de Precipitación

La precipitación es un disparador de deslizamientos/movimientos en masa, estos fenómenos ocurren en zonas donde la precipitación aumenta drásticamente. El criterio, se basa en que las zonas de mayor precipitación son más propensas a sufrir deslizamientos.

Tabla 7.

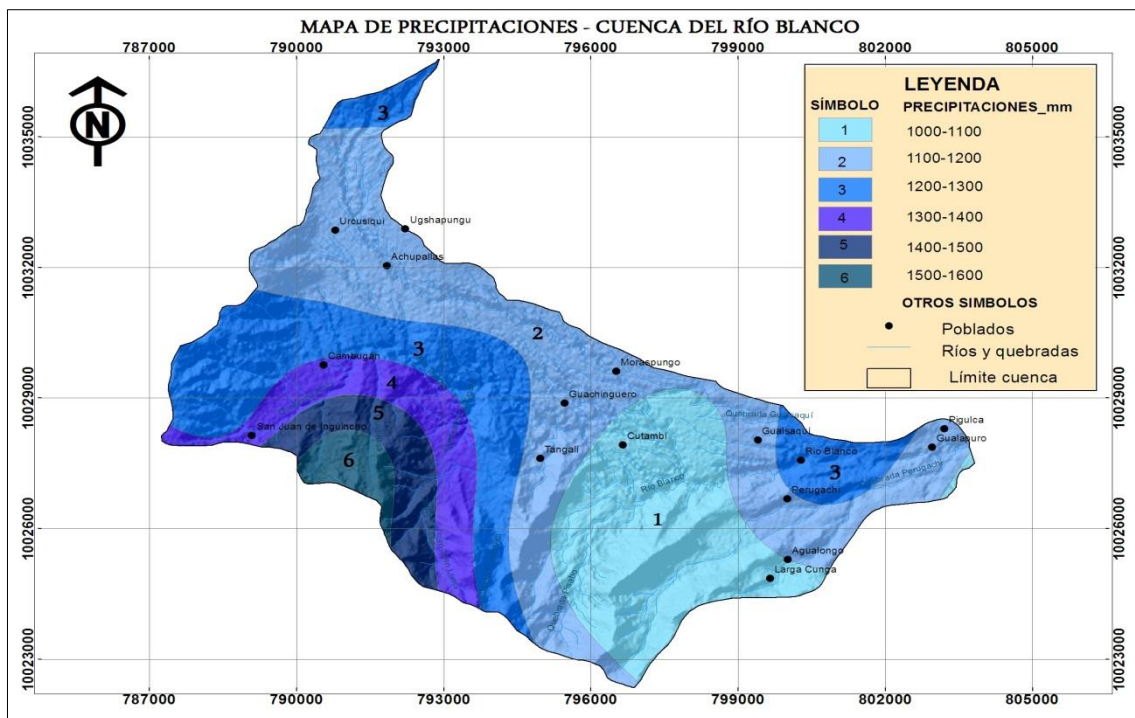
Ponderación del factor precipitaciones

Precipitación mm	Ponderación	Calificativo
1000-1100	1	Bajo
1100-1200	2	Moderado
1200-1300	3	Alto
1300-1400	3	Alto
1400-1500	4	Muy alto
1500-1600	4	Muy alto

Fuente: Adaptado de IEE, 2012

Mapa de Precipitaciones

Este mapa hace referencia a los datos de precipitaciones anuales del INAMHI comprendidos desde el año 1985 al 2009, analizadas y procesadas por el IEE a escala 1:50000, las mismas que se presentan en la Figura 13 y en el Anexo 1, Mapa 5.



Al mapa de precipitaciones se hizo la transformación correspondiente a archivo raster de 20 m de resolución espacial y su reclasificación de acuerdo a los parámetros indicados en la Tabla 7.

b) Generación del modelo cartográfico y determinación de zonas con amenazas de deslizamientos

En el presente estudio para la identificación de amenazas de deslizamientos se consideró 5 factores mencionados anteriormente, de los cuales 4 son factores condicionantes y el factor detonante considerado aquí son las precipitaciones; los cuales luego de la ponderación individual y tratamiento correspondiente son integrados o superpuestos, este procedimiento es conocido como álgebra de mapas.

A cada factor se le asignó un peso de acuerdo a su importancia sobre la amenaza. Al factor pendiente se asignó un peso del 30%, al factor litológico el 25%, a la cobertura vegetal 20%, a la textura de suelo el 15% y a la precipitación un 10%. Cabe indicar que este modelo desarrollado se basa en criterio de expertos que es considerada como un método indirecto para la determinación de amenazas de deslizamientos; por esta razón se indica que estas ponderaciones pueden variar de acuerdo al análisis que se esté ejecutando y a la realidad local.

Se utilizó la siguiente fórmula propuesta en este estudio (validada por medio de trabajo de campo) que permitió determinar la zonas con amenaza a deslizamientos.

$$MD = (MPR * 0.30) + (MLR * 0.25) + (MCVR * 0.15) + (MTSR * 0.10) + (MPPR * 0.20)$$

En donde:

MD= Mapa de zonificación-deslizamientos

MPR= Mapa de Pendientes reclasificado

MLR= Mapa de Litología-Formaciones Geológicas reclasificada

MCVR= Mapa de Cobertura Vegetal reclasificado

MTSR= Mapa de Suelos-Textura reclasificado

MPPR= Mapa de Precipitaciones reclasificado

A continuación se puede apreciar el modelo cartográfico desarrollado en este trabajo:

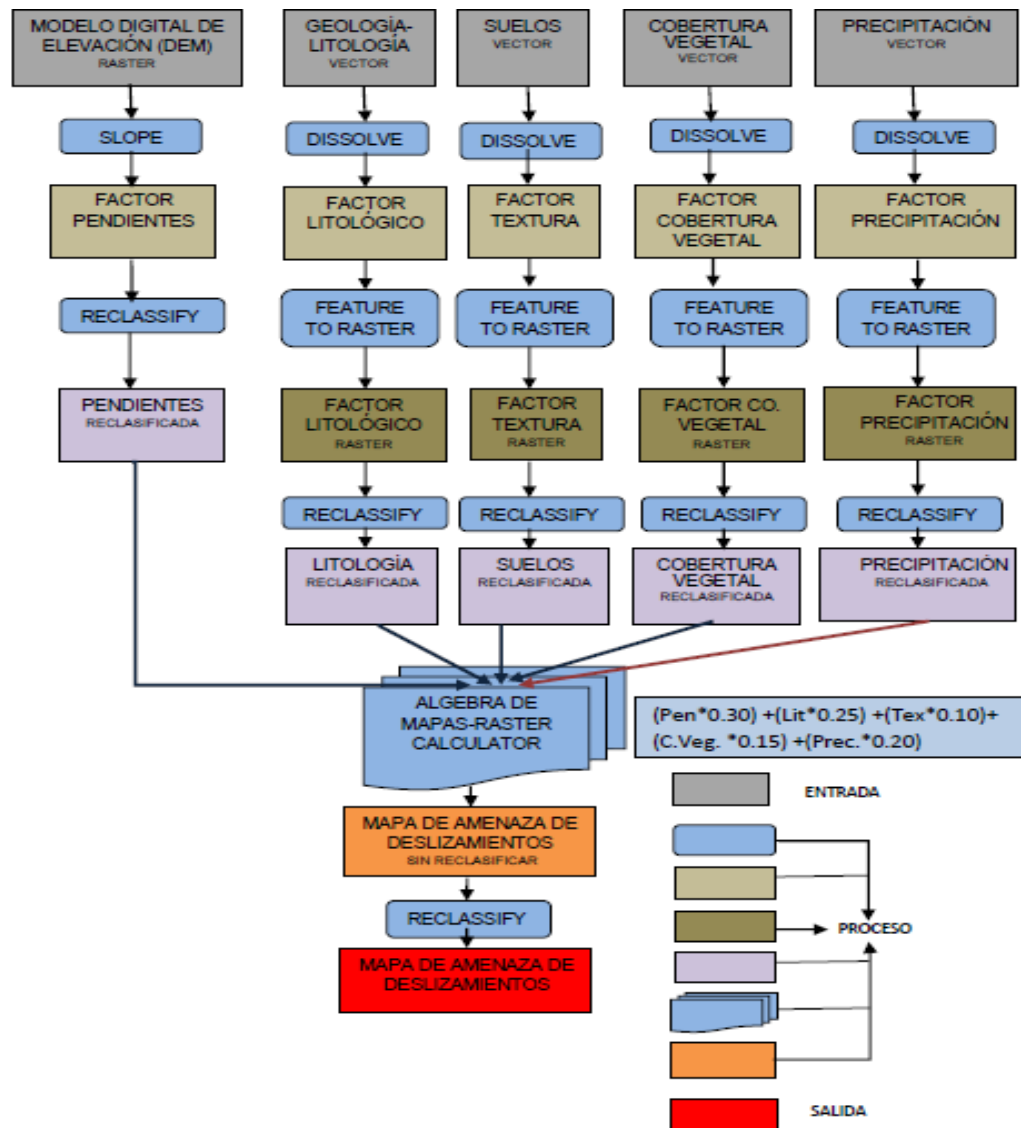


Figura 15. Modelo cartográfico para amenaza de deslizamientos




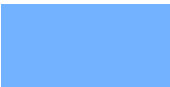
c) Determinación del Grado de Amenaza

Al resultado obtenido del modelo propuesto es necesario realizar una reclasificación, ya que éstos deben ajustarse a las condiciones de cada área estudiada. Por lo cual se realizó una reclasificación mediante el método Rupturas Naturales (Jenks), donde según indica (Chiquin, 2017) las clases se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases.

La reclasificación se realizó en 4 clases de amenaza (Figura 16) y los calificativos correspondientes se encuentran en la (Tabla 8). El calificativo de amenaza es una representación cualitativa de los diferentes niveles de amenaza.

Tabla 8.

Calificativos de grados de amenaza de deslizamientos

Simbología	Calificativo de amenaza	Características
	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas solo en caso de grandes obras de infraestructura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con amenaza moderada a alta. Sectores aptos para uso y expansión urbana de alta densidad.
	Media	Sectores medianamente propensos a deslizamientos. No es recomendable para suelos de expansión urbana si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, reforestación, entre otros. Recomendable para usos agropecuarios.
	Alta	No se recomienda la construcción de infraestructura, para la utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, se deben mantenerse como áreas de protección.
	No aplica	No aplica

Fuente: Adaptado de Mora R., Vahrson W. y Mora S., 1992

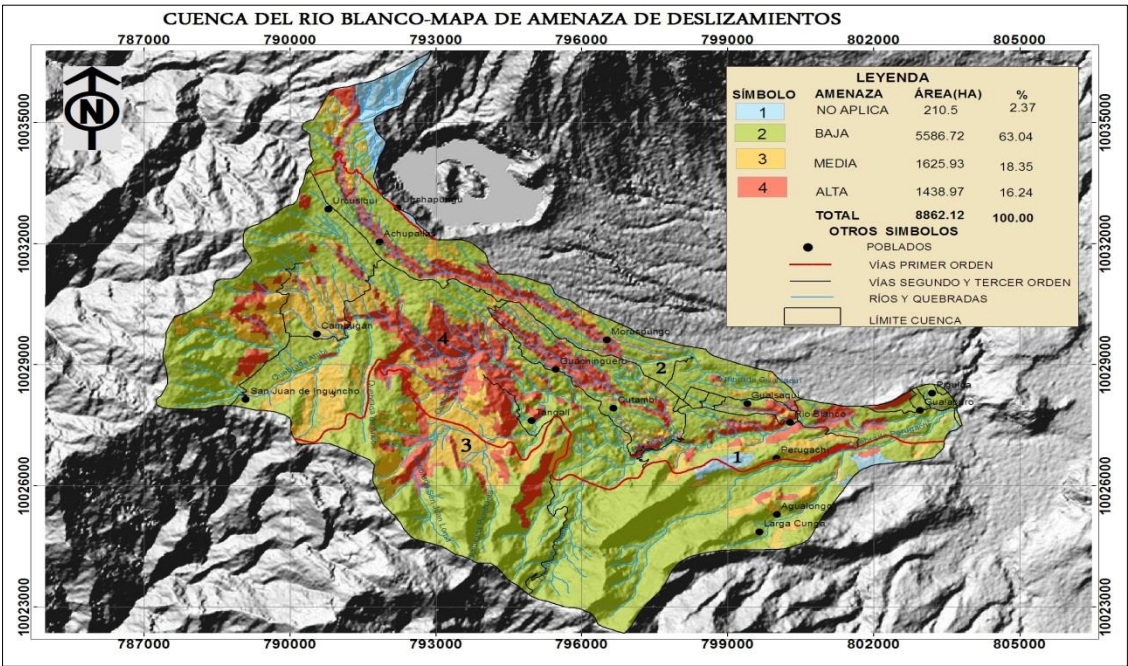


Figura 16. Mapa de amenazas de deslizamientos de la cuenca del río Blanco

d) Validación del modelo de amenaza de deslizamientos e inventario de deslizamientos de la cuenca del río Blanco

Con la finalidad de valorar factores y verificar el modelo cartográfico desarrollado y aplicado para la identificación de amenazas de deslizamientos, se realizó un inventario de deslizamientos (trabajo de campo), mediante observación directa, registro de una serie de datos en una ficha de observación (Anexo 2.1) y registros fotográficos (Anexo 3, Fotos 1-9). Los deslizamientos se pudieron georreferenciar y registrar tomando en cuenta la presencia de escarpes, nichos de arranque y zonas de acumulación de material principalmente; para la georreferenciación se utilizó un GPS Garmin 64. En el área de estudio se identificaron un total de 53 deslizamientos (Anexo 2.1); los cuales fueron determinados en que zona de amenaza se encuentran mediante análisis espacial; de los cuales cartográficamente se representan 17 puntos por la escala manejada (Anexo 1, Mapa 7).

También se trabajó con el mapa de infraestructura vial (Anexo 1, Mapa 11) y con los puntos registrados se evidenció que los deslizamientos se presentan en su mayoría en las vías por la inestabilidad de las laderas que produce su construcción y mal manejo.

3.3.2.2. Amenaza de inundaciones

Al igual que para la identificación de amenazas de deslizamientos se utilizó SIG-ArcGIS, para esta amenaza se consideró 6 factores que propician su presencia, los mismos que fueron analizados y ponderados de acuerdo a su importancia sobre la amenaza, con estos factores se generó un modelo cartográfico para identificar esta amenaza en la zona de estudio.

a) Factores analizados

Los factores para la identificación de amenazas de inundación considerados en este trabajo fueron 6 (geomorfología, pendiente, precipitación, cobertura vegetal, textura del suelo y profundidad del suelo), los mismos que son representados por parámetros, valorados para este estudio en particular entre 0 y 1, donde 1 se considera con amenaza

y 0 sin amenaza (Tabla 9). Esta metodología de asignar ponderaciones en un tipo de metodología basada en criterio experto.

Tabla 9.

Factores y ponderaciones para modelo de inundaciones

Factor	Descripción	Ponderación	Calificativo
Geomorfología	Valle Fluvial	1	Con amenaza
	Relieve volcánico colinado alto; Relieve volcánico colinado muy alto; Relieve volcánico montañoso; Superficie ondulada; Vertiente de flujo de lava; Superficie volcánica ondulada; Flujo de piroclastos; Vertiente de flujo de piroclastos; Vertiente abrupta, Coluvión antiguo; Coluvio aluvial antiguo; Garganta; Relieve colinado muy alto; Relieve montañoso; Terraza media; Flujos de lava; Glacis de esparcimiento; Relieve volcánico colinado bajo; Relieve volcánico colinado medio; No aplica.	0	Sin amenaza
Pendiente	0°-7°	1	Con amenaza
	7°-15° ; 15°-30°; >30°	0	Sin amenaza
Precipitación	1000-1100	0	Sin amenaza
	1100-1200; 1200-1300; 1300-1400;	1	Con amenaza
	1400-1500; 1500-1600		
Cobertura vegetal	Bosque; No aplica	0	Sin amenaza
	Vegetación herbácea y arbustiva; Tierras agropecuarias; Otras tierras		
	Zonas antrópicas.	1	Con amenaza
Textura-suelo	Gruesa; Moderamente gruesa	0	Sin amenaza
	Media; Fina; No aplica.	1	Con amenaza

Profundidad-suelo	Profundo; No aplica.	0	Sin amenaza
	Moderadamente Profundo; Poco	1	Con amenaza
	Profundo; Superficial.		

La descripción de cada uno de los factores corresponden a los presentes en el área de estudio, tomados de los mapas temáticos desarrollados con anterioridad, los mismos que se encuentran representados en los Figuras 6, 9, 11 y 13 que fueron desarrollados en la identificación de amenazas de deslizamientos; los factores de geomorfología y profundidad del suelo, son factores adicionales a los considerados en el modelo de amenaza de deslizamientos. En los Figuras 17 y 18 se pueden apreciar el mapa de geomorfología y el de profundidad del suelo respectivamente, correspondiente a la cuenca del río Blanco.

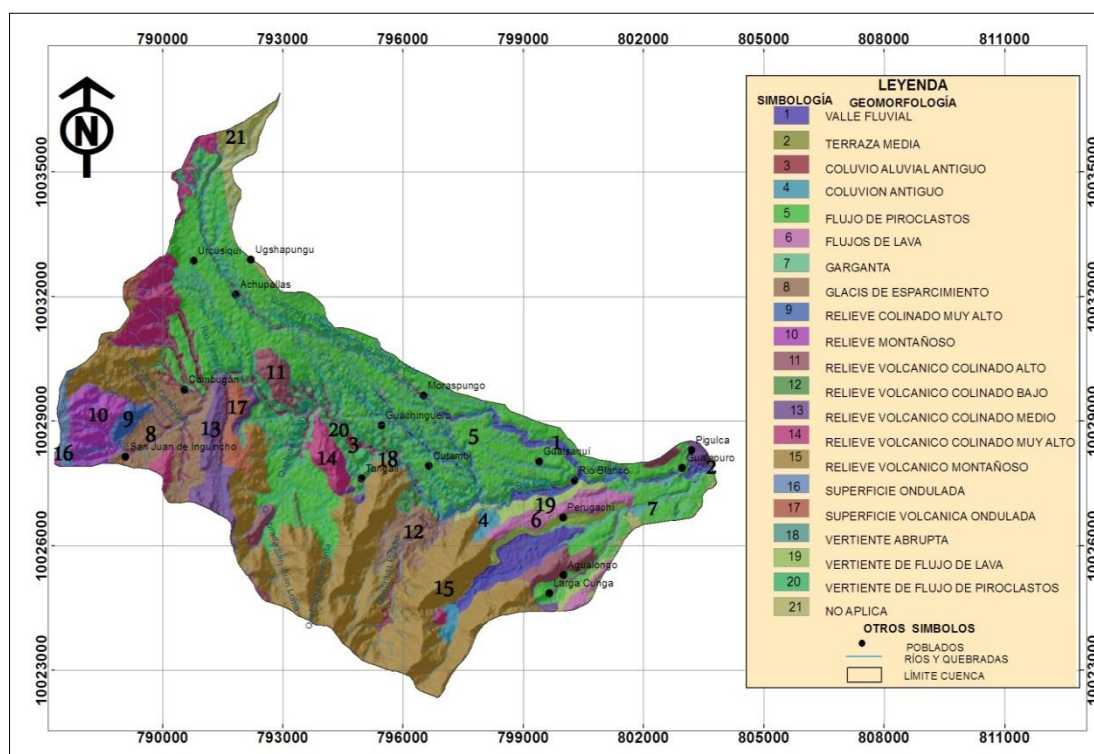


Figura 17. Mapa de Geomorfología

El mapa de geomorfología fue realizado en base a información temática del IEE, en el que se identificó 20 geoformas en el área de estudio (Figura 17).

En cuanto a la profundidad de los suelos en el área de estudio se identificó suelos profundos, poco profundos y moderadamente profundos (Figura 18).

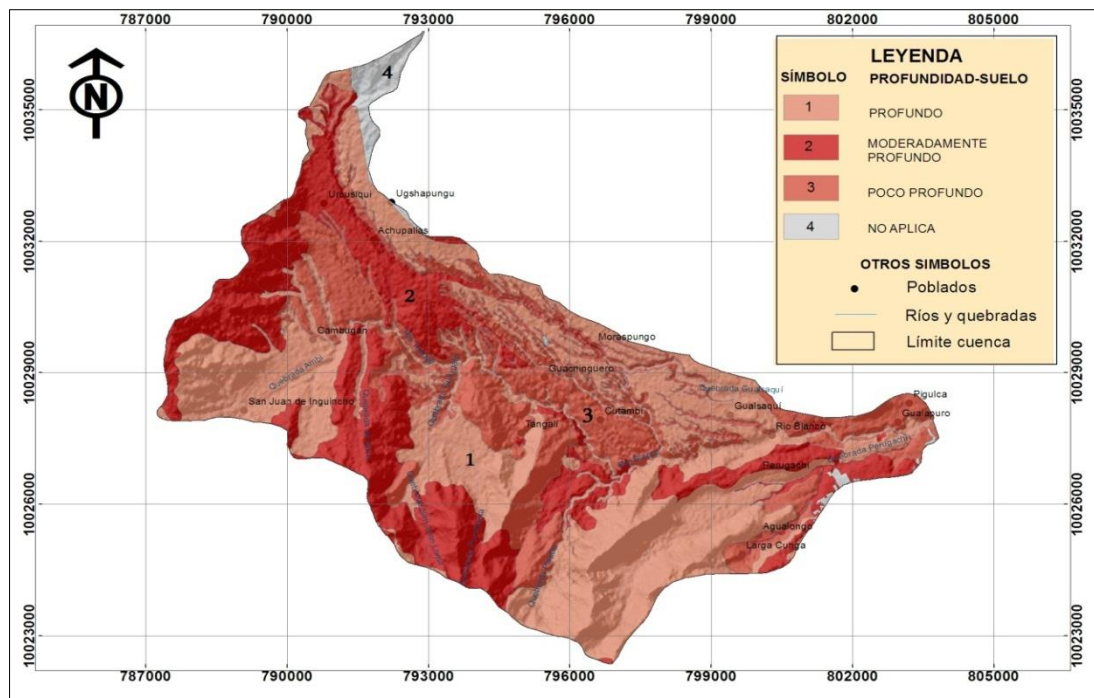


Figura 18. Mapa de Profundidad del Suelo

b) Modelo cartográfico y determinación de amenaza de inundaciones

Este modelo se genera una vez analizado los 6 factores mencionados anteriormente, los cuales luego de su ponderación individual, se procede a la combinación respectiva o superposición de capas método conocido como álgebra de mapas, cada factor es afectado por un valor de ponderación o peso, repartido de acuerdo a su importancia sobre la amenaza analizada.

Se asignó los siguientes pesos para cada factor: Geomorfología 25%, Pendiente 15%, factor de Precipitación 25%, Cobertura Vegetal 15%, Textura de Suelo 10% y a la Profundidad del Suelo un 20%.

Se utilizó la siguiente fórmula (propuesta del presente trabajo) para determinar el modelo de inundaciones:

$$MI = MGR \cdot 0.25 + MPR \cdot 0.15 + MPPR \cdot 0.25 + MCVR \cdot 0.15 + MTSR \cdot 0.10 + MPSR \cdot 0.10$$

En donde:

MI= Mapa de Inundaciones

MGR= Mapa Geomorfológico reclasificado

MPR= Mapa de pendientes reclasificado

MPPR= Mapa de precipitaciones reclasificado

MCVR=Mapa de cobertura vegetal reclasificado

MTSR=Mapa de suelos-textura reclasificado

MPSR= Mapa de profundidad-suelo reclasificado

A continuación se puede apreciar el modelo cartográfico de inundación:

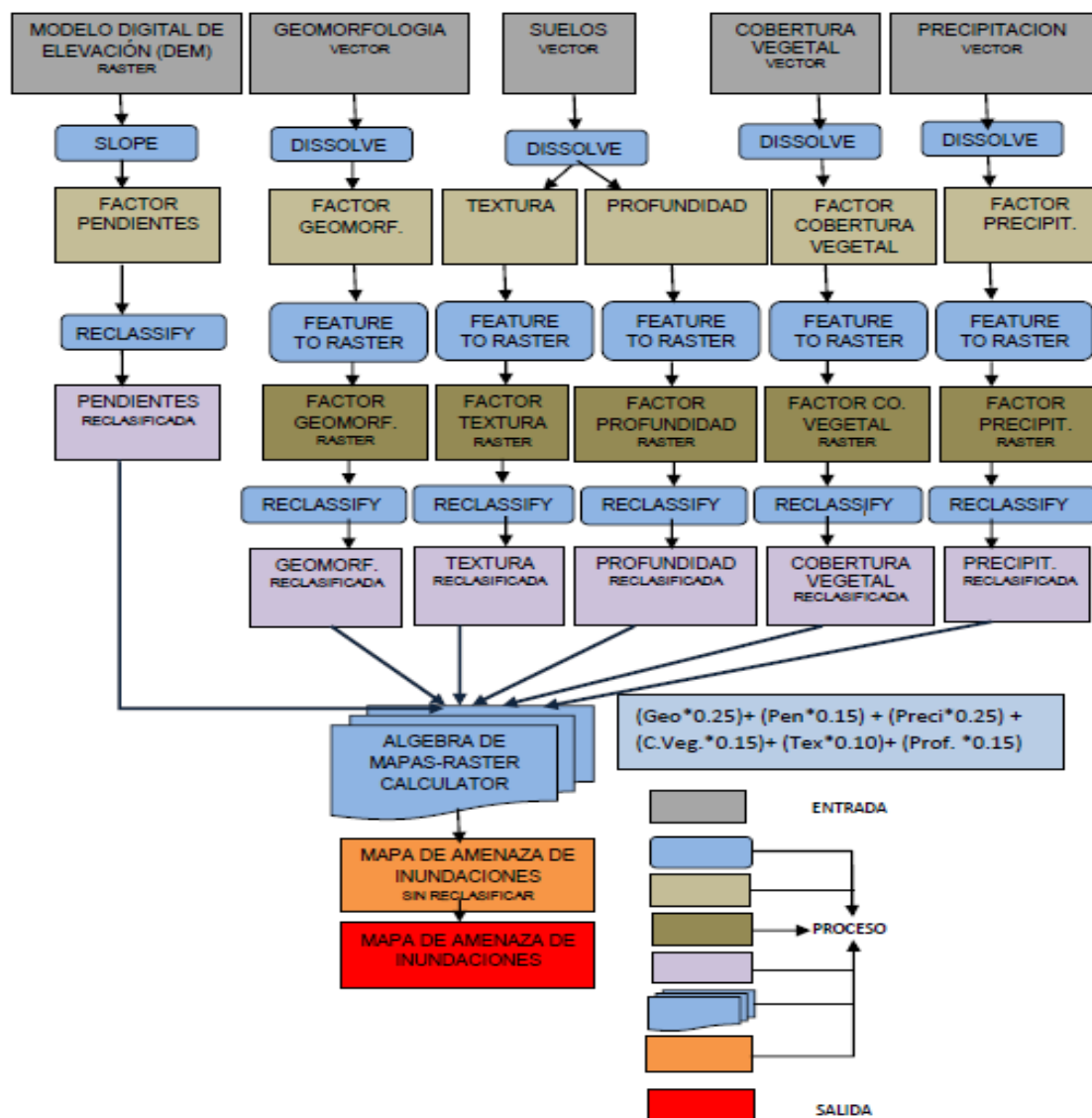


Figura 19. Modelo cartográfico para amenaza de inundaciones

En la siguiente figura se puede apreciar el Mapa de amenaza de inundaciones del modelo aplicado:

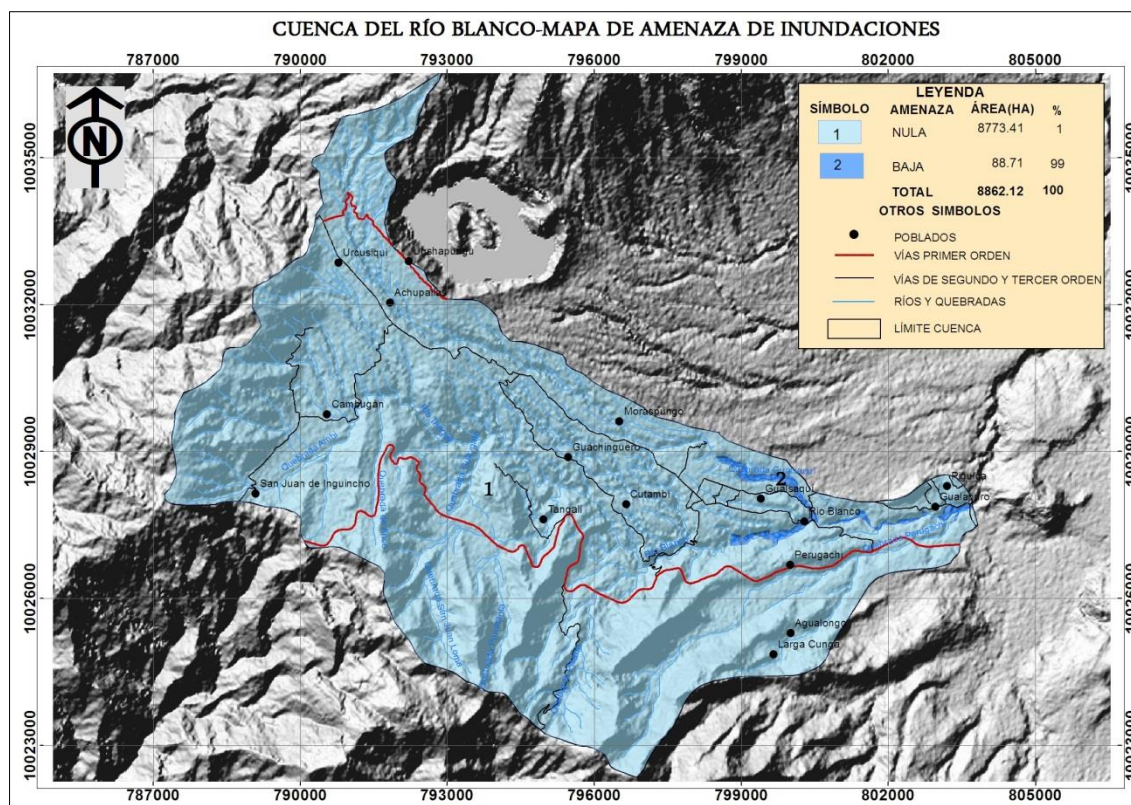


Figura 20. Mapa de amenaza de inundaciones de la cuenca del río Blanco

c) Verificación del modelo aplicado

El modelo cartográfico aplicado se verificó con base en el análisis documental-histórico de eventos de la cuenca del Río Blanco y con salidas de campo, registros fotográficos (Anexo 3, Fotos 10-11) para verificar los resultados del modelo.

3.3.3. Fase III. Determinación de la vulnerabilidad

Para el análisis y determinación de la vulnerabilidad global de la cuenca del Río Blanco se utilizó la metodología de Vera y Albarracín (2017), que es una metodología de evaluación de vulnerabilidad a nivel de cuenca, la misma que fue adaptada en ciertas variables conforme se indicará más adelante.

En esta fase se realizó el análisis de ciertos datos obtenidos en la fase I como son el catastro de bienes inmuebles de los cantones de Otavalo y Cotacachi; se identificaron todos los elementos que pudieran estar en riesgo de una amenaza particular (deslizamientos e inundaciones), mediante análisis espacial de mapas y verificación de

campo; además se recopiló datos de la comunidad en base a entrevistas semi-estructuradas (Anexo 4) realizadas a los líderes comunitarios de las 15 comunidades presentes en la Cuenca, de la misma manera se realizó entrevistas a funcionarios de los gobiernos locales relacionadas con la gestión del territorio y riesgos y en general se recolectó y analizó la información de documentos oficiales y otros con el fin de recolectar todos y cada uno de los datos necesarios para la aplicación de la metodología de evaluación de la vulnerabilidad, desarrollada por Vera y Albarracín (2017).

3.3.3.1. Metodología para análisis de la vulnerabilidad

Para el análisis de la vulnerabilidad se utilizaron una serie de indicadores propuestos en el enfoque metodológico de Vera y Albarracín (2017), que evalúan la vulnerabilidad a nivel de cuenca desde un enfoque holístico, considerando la exposición, fragilidad, capacidad de adaptación y respuesta (descritas en el capítulo II) como factores de vulnerabilidad, los cuales a su vez presentan una serie de componentes; en este sentido cada una de la variables tienen una escala de valoración como se indica en la tabla 10.

Tabla 10.

Escala de valoración de las variables y factores de vulnerabilidad

Categoría	Valor
Vulnerabilidad baja	1
Vulnerabilidad media	2
Vulnerabilidad alta	3

Dado que la vulnerabilidad es función de la exposición, la fragilidad y la capacidad de adaptación y respuesta, esta metodología estima la vulnerabilidad global en función de estos tres factores, mediante una relación aritmética simple; la misma que ha sido escogida por su capacidad de esquematizar el proceso en general y los criterios de aplicación.

La Tabla 11 indica las funciones para estimar cada una de las variables consideradas, así como cada uno de los componentes de los factores de vulnerabilidad.

Tabla 11.

Funciones para la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes.

Tipo de vulnerabilidad	Función
Vulnerabilidad Global (V)	$V = \frac{VE + VF + VCAyR}{3}$ <p>Vulnerabilidad Global (V) Vulnerabilidad por Exposición (VE) Vulnerabilidad por Fragilidad (VF) Vulnerabilidad determinada por Capacidad de Adaptación y Respuesta (VCAyR)</p>
Vulnerabilidad por exposición (VE)	$VE = \frac{VEE + VEI + VESP + VEP}{4}$ <p>Vulnerabilidad por Exposición de los Ecosistemas (VEE) Vulnerabilidad por Exposición de la Infraestructura (VEI) Vulnerabilidad por Exposición de los Sistemas de Producción (VESP) Vulnerabilidad por Exposición de la Población (VEP).</p>
Vulnerabilidad por fragilidad (VF)	$VF = \frac{VFF + VFSE + VFA}{3}$ $VFA = \frac{CPUS + NDEF}{2}$ <p>Vulnerabilidad por Fragilidad Física (VFF) Vulnerabilidad por Fragilidad Socioeconómica (VFSE) Vulnerabilidad por Fragilidad Ambiental (VFA) Conflictos por Uso del Suelo (CPUS) Nivel o grado de Deforestación (NDEF)</p>
Vulnerabilidad determinada por la Capacidad de Adaptación y Respuesta (VCAyR)	$VCAyR = \frac{VCAyRPR + VCAyGGT}{2}$ <p>Vulnerabilidad determinada por Percepción del Riesgo (VCAyRPR) Vulnerabilidad determinada por la Gobernanza y Capacidad de Gestión Territorial (VCAyGGT)</p>

Fuente: Adaptado de Vera y Albarracín(2017)

En las Tablas 12, 13 y 14 se desagregan cada uno de los componentes, variables a medir y criterios de evaluación propuestos para la estimación de la vulnerabilidad por exposición, fragilidad y capacidad de adaptación y respuesta y la tabla 15 presenta una matriz para valorar la gobernanza y capacidad de gestión territorial.

Tabla 12.

Componentes, variables y criterios de evaluación para determinación de la Vulnerabilidad por Exposición.

Componentes	Variables de medición		Criterios de evaluación
Vulnerabilidad por Exposición de Ecosistemas (VEE)	Localización	Bosque natural	Más del 20% del total de los elementos expuestos en zonas de nivel de amenaza alta, vulnerabilidad alta (3 puntos)
		Parques naturales	
		Humedales	
		Páramos	
Vulnerabilidad por Exposición de Infraestructura (VEI)	Localización	Reservas naturales	Menos del 20% del total de los elementos expuestos en zonas de nivel de amenaza alta y más amenaza media, del 20% en vulnerabilidad media (2 puntos)
		Vías de comunicación, puentes	
		Líneas vitales (acueducto, energía eléctrica, alcantarillado, combustibles)	
		Hospitales, escuelas, ancianatos, mataderos, etc.	
Vulnerabilidad por Exposición de Población (VEP)	Localización	Viviendas	Menos del 20% de elementos en amenaza alta y más del 60% del total de los elementos expuestos se encuentra en zonas de nivel de amenaza baja, vulnerabilidad baja (1 punto)
		Cultivos, producción pecuaria, plantaciones forestales, áreas de producción industrial, minera, comercial o recreativa.	
Vulnerabilidad por Exposición de Sistemas de Producción (VESP)	Localización		

Fuente: Vera y Albarracín (2017)

Tabla 13.

Componentes, variables y criterios de evaluación para determinación de la Vulnerabilidad por Fragilidad.

COMPONENTES	VARIABLES DE MEDICIÓN			CRITERIOS
Vulnerabilidad por Fragilidad Socioeconómica	Condiciones de la población	vida de	% de Población con NBI	>30 %, Vulnerabilidad Alta (3 puntos) 20 a 30%, Vulnerabilidad media (2 puntos)

(VFSE)		>20%, Vulnerabilidad Baja (1 punto)	
Vulnerabilidad por Fragilidad Ambiental (VFA)	Equilibrio en la relación Sociedad-Naturaleza (degradación de base eco sistémica y prácticas productivas inadecuadas, efectos estimados del cambio climático)	Conflictos por uso del suelo	Área en conflicto > 40%, vulnerabilidad alta (3 puntos) Área en conflicto 20,1 a 40%, vulnerabilidad media (2 puntos) Área en conflicto < 20%, vulnerabilidad baja (1 punto)
		Nivel de deforestación	Coberturas boscosas <20% alta, vulnerabilidad alta (3 puntos) Coberturas boscosas entre 20 a 50%, vulnerabilidad media (2 puntos) Coberturas boscosas >50%, vulnerabilidad baja (1 punto)
		Sismo resistencia, Viviendas	Inadecuada (cumple menos de 2 criterios),
		materiales de construcción, características estructurales y estado de mantenimiento	vulnerabilidad alta (3 puntos) Deficiente (cumple 2 criterios), Vulnerabilidad media (2 puntos) Óptima (Cumple 3 o más criterios), Vulnerabilidad baja (1 punto)
Vulnerabilidad por Fragilidad Física (VFF)	Grado de riesgo de corrupción de las entidades locales y/o regionales	Índice de transparencia de las entidades públicas	<60 puntos, vulnerabilidad alta (3 puntos) 60 a 80 puntos, vulnerabilidad media (2 puntos) >80 puntos, vulnerabilidad baja (1 punto)
Vulnerabilidad por Fragilidad Institucional (VFI)			

Fuente: Adaptado de Vera y Albarracín (2017)

Tabla 14.

Componentes, variables y criterios de evaluación para determinación de la Vulnerabilidad determinada por Capacidad de Adaptación y Respuesta.

Componentes		Variables de medición	Criterios
Percepción Riesgo (VCAyRPR)	Del Nivel de prioridad dado a la gestión del riesgo	Percepción de la comunidad	No es tenido en cuenta, vulnerabilidad alta (3 puntos)
			Se tiene en cuenta, pero no es prioritario, Vulnerabilidad media (2 puntos)
		Percepción desde la institucionalidad	Es prioritario, Vulnerabilidad baja (1 punto)
Gobernanza y capacidad de Gestión Territorial (VCAyRGT)	Existencia e implementación de planes estratégicos que contemplan el componente de Riesgo	POT	Evaluada con base en la matriz de la Tabla 15.
		de POMCA	Vulnerabilidad alta (3 puntos)
		el Estudios de Riesgo (Vulnerabilidad y amenaza)	Vulnerabilidad media (2 puntos)
		el PGAR	Vulnerabilidad baja (1 punto)

Fuente: Adaptado de Vera y Albarracín (2017)

Tabla 15.

Matriz de evaluación para determinar Vulnerabilidad por Capacidad de Gobernanza y Gestión Territorial.

Instrumento que contempla la gestión del riesgo	No cuenta	Desactualizado y aplica	Desactualizado y no aplica	Actualizado y no aplica	Actualizado y aplica
Plan de Ordenamiento Territorial – PDOT	Alta	Media	Alta	Media	Baja
Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas-POMCA	Alta	Media	Alta	Media	Baja
Plan de Gestión Ambiental-PGA	Alta	Media	Alta	Media	Baja
Política Pública	Alta	Media	Alta	Media	Media
Estudios de riesgo	Alta	Media	Alta	Media	Media

Fuente: Adaptado de Vera y Albarracín (2017)

3.3.4. Fase VI. Propuesta de medidas de mitigación y prevención

Una vez identificadas las amenazas y la vulnerabilidad global de la cuenca del río Blanco, y considerando las particularidades del área de estudio obtenidas en los recorridos de campo, se realizó una propuesta con acciones de mitigación y prevención que podrán ser implementadas en la cuenca.

La propuesta integral ha sido desarrollada en el capítulo V de este trabajo.

3.4. Consideraciones bioéticas

Todos los participantes de esta investigación (entrevistados) fueron informados sobre: los objetivos de su participación en la investigación y la posibilidad de recibir mayor información sobre la investigación o las preguntas de la entrevista. Se solicitó la autorización respectiva a los entrevistados para la grabación de sus intervenciones.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Una vez analizada la información existente y la generada se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. Identificación de amenazas de deslizamientos

La ubicación geográfica de la cuenca del río Blanco con variedad de pendientes, su geología y geomorfología y demás factores como tipos de suelo, su cobertura vegetal, y precipitaciones, presenta áreas con diferentes niveles de amenaza por deslizamientos, los mismos que pueden traer consigo múltiples consecuencias para su población y su desarrollo.

La identificación de amenazas de deslizamientos se realizó mediante análisis y ponderación de factores condicionantes y detonantes a deslizamientos llevados a un modelo cartográfico, cuya aplicación arrojó los siguientes resultados:

Tabla 16.

Niveles de amenaza de deslizamientos

Nivel de amenaza	Área(ha)	Porcentaje %
Alta	1438.97	16.24
Media	1625.93	18.35
Baja	5586.72	63.04
No aplica	210.5	2.37
Total	8862.12	100

Los resultados espaciales se pueden apreciar en el Anexo 1, Mapa 6.

Zonas con amenaza alta.- Está zona abarca 1438.97 ha que representan el 16.24% de la superficie total de la cuenca, su mayor extensión se encuentra en la parte centro-norte de la cuenca, en los sectores de Tangali-Huashaloma; en una pequeña parte de este

sector existen viviendas y de ahí la mayor parte son zonas inaccesibles, taludes de quebradas y áreas de relieves montañosos, también se encuentran distribuidos en los sectores de Inguincho, Cambugan, Río Blanco, entrada a Gualsaqui, Cutambi, Guachinguero, y otros sectores no poblados, en especial sitios de altas pendientes y taludes de las diferentes quebradas que se encuentran en el área de estudio. Los sectores de Cutambi y Guachinguero han sido los más afectados por amenazas de deslizamientos ya que en sus dos vías de acceso se producen frecuentemente deslizamientos que en ocasiones han provocado el cierre temporalmente de las vías (acceso vehicular).

Se presenta en zonas que tienen pendientes, fuertes a muy fuertes con valores que oscilan entre 25° a 76° que presenta la cuenca, su mayor concentración es en zonas con pendiente de 25° a 30°, se ubica principalmente sobre la formación geológica Volcánicos Cotacachi con un litología de flujos piroclásticos, depósitos de caída, lapilli, ceniza, líticos y pómez blanca amarillenta, también se encuentra sobre depósitos aluviales (depósitos de clastos, gravas, arenas en matriz areno arcilloso), depósitos coluviales (depósitos de detritos angulosos de material andesítico e intrusivos dispuestos en matriz areno arcilloso) y depósitos coluvio aluviales (fragmentos de roca angulares mal clasificados inmersos en una matriz arcillosa). En cuanto a la cobertura vegetal, se presenta en su mayoría en zonas con muy poca vegetación (áreas en proceso de erosión y afloramientos rocosos), matorral húmedo alterado, matorral húmedo muy alterado y en menor proporción sobre cobertura de tierras agropecuarias (cultivos anuales y de ciclo corto como maíz, fréjol y papas). La textura del suelo predominante es arcillo arenoso, franco arenoso y franco arcilloso.

Zonas con amenaza media.- Esta zona representa el 18.35% del área de estudio con una superficie de 1625.93 ha, las áreas de mayor concentración de este nivel de amenaza se encuentran en los sectores Cambugan e Inguincho ubicadas en la parte sur oeste de la cuenca, también se concentran en la parte centro-sur de la cuenca, sector Tangali, se puede apreciar también en los sectores de Cutambi, Guachinguero, Perugachi y entrada a Gualsaqui principalmente; además gran parte del tramo de la Vía Otavalo-Selvalegre, principal vía de acceso a los poblados de la cuenca se encuentra en zonas de amenaza media.

Este grado de amenaza se encuentran principalmente en las formaciones geológicas:

Volcánicos Cotacachi (flujos piroclásticos, depósitos de caída, lapilli, ceniza, líticos y pómez blanca amarillenta), Volcánicos Cushirumi (lavas de composición andesítica, depósitos piroclásticos, domos dacíticos), depósitos coludido-aluviales (fragmentos de roca angulares mal clasificados inmersos en una matriz arcillosa) y Unidad Río Cala (lava andesítica verdosa con presencia de sulfuros). Las pendientes características de estas zonas están entre los 7°- 25°, se asocia a la cobertura vegetal de matorral húmedo alterado, tierras agropecuarias, vegetación herbácea y zonas en proceso de erosión. En cuanto a la textura del suelo predomina el franco arenoso, franco arcilloso y en menor proporción el franco arcillo arenoso.

Zonas con amenaza baja.- Son zonas poco susceptibles a los deslizamientos, ocupa un área de 5586.72 ha correspondientes al 63.04 % de la totalidad de la extensión de la cuenca. Se encuentra distribuida por toda la cuenca, y es en donde se encuentran asentadas la mayoría de la población del área de estudio; gran parte del territorio de las comunidades de Gualsaqui y Moraspungo que son las zonas más pobladas de la cuenca se encuentra en esta zona de amenaza baja.

Este nivel de amenaza se presenta principalmente sobre geología de Volcánicos Mojanda (lavas andesíticas a dacíticas), Volcánicos Cushirumi (lavas de composición andesítica, depósitos piroclásticos, domos dacíticos), Volcánicos Cotacachi (flujos piroclásticos, depósitos de caída, lapilli, ceniza, líticos y pómez blanca amarillenta), Unidad Río Cala (lava andesítica verdosa con presencia de sulfuros), Formación Cangahua (depósito de toba volcánica y ceniza, en la base se encuentran piroclastos, pómez y lapilli), depósitos aluviales (depósitos de clastos, gravas, arenas en matriz areno-arcilloso), depósitos coluviales (depósitos de detritos angulosos de material andesítico e intrusivos dispuestos en matriz areno arcilloso) y depósitos coluvio-aluviales (fragmentos de roca angulares mal clasificados inmersos en una matriz arcillosa). En cuanto a la cobertura vegetal en su gran mayoría se asocia a tierras agropecuarias, bosques, zonas antrópicas y en menor extensión a vegetación herbácea. Las pendientes presentes son suaves a ligeramente onduladas (menores a 15°), aunque también esta amenaza se puede apreciar en pendientes fuertemente inclinadas. La textura predominante es franco, franco arenoso y franco arcillo arenoso.

No aplica.-Esta nivel abarca una pequeña parte de áreas naturales protegidas, que

corresponden a la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, abarca también una pequeña parte del casco urbano de la parroquia Quichinche y la planta industrial de cementos UNACEM; estas áreas no fueron consideradas debido a que no se contó con información temática para el desarrollo del modelo cartográfico.

4.1.1. Modelo aplicado a amenaza de deslizamientos

En cuanto al modelo aplicado, su validación se realizó superponiendo el inventario de deslizamientos presentes en la zona sobre el mapa de amenaza de deslizamientos; encontrándose que, de los 57 puntos registrados el 63.16% se localiza dentro de zonas de amenaza alta, un 28.07% se localiza en zonas de amenaza media y un 8.77% en zonas de amenaza baja. Estos resultados indican la validez y aceptación del modelo cartográfico aplicado para la identificación de amenazas de deslizamientos y su aplicación en otros territorios con características físico-ambientales y geográficas similares; sin embargo, se resalta que el modelo es perfectible con base en la disponibilidad de información adicional y/o de mayor resolución espacial (información de mayor detalle).

4.2. Identificación de amenazas de inundación

La identificación de amenazas de inundaciones se realizó mediante análisis y ponderación de factores que propician su ocurrencia, llevados a un modelo cartográfico y su aplicación da como resultados dos niveles de amenaza: bajo y nulo (ver tabla 11).

Tabla 17.

Niveles de amenaza de inundaciones

Nivel de amenaza	Área(ha)	Porcentaje %
Baja	88.71	1
Nulo	8773.41	99
Total	8862.12	100

Los resultados espaciales se pueden apreciar en el Anexo 1, Mapa 10.

Zonas con amenaza baja.- Esta zona comprende 88.71ha que corresponden apenas al 1% de la extensión total del área de estudio. Se encuentra en la parte baja de la cuenca, inicia en el sector de Gualsaqui abarca las planicies circundantes del Río Blanco al igual que las planicies circundantes de la quebrada de Gualsaqui, baja continuando el cauce de río y la quebrada, llegando hasta la comunidad de Río Blanco, que es el único poblado asentado en las orillas del Río Blanco, continua aguas abajo hacia el punto de su desembocadura que es el Río Ambí. Se relaciona principalmente con la geomorfología de valle fluvial, asociada a pendientes planas.

Zonas con amenaza nula.- Representa el 99% del área de la cuenca con una extensión de 8773.41ha. Esta zona de amenaza nula se debe principalmente a la morfología y condiciones topográficas propias del área de estudio; según el modelo aplicado solo el 1% del territorio tendría un nivel de amenaza bajo que como se ha mencionado en el párrafo anterior corresponde a los territorios circundantes de la cuenca baja del río principal de nuestro estudio, el Río Blanco.

4.2.1. Modelo aplicado a amenaza de inundaciones

El modelo aplicado se verificó con análisis documental-histórico de eventos con lo que se evidencia que, en la cuenca del Río Blanco no existen históricos de eventos ocurridos-registro de inundaciones. A demás de se verificó con salidas de campo la morfología de la cuenca apoyados en registros fotográficos (Anexo 3, Fotos 10-11).

4.3. Análisis y determinación de la vulnerabilidad global de la cuenca del Río Blanco frente a amenazas de deslizamientos e inundaciones

4.3.1. Vulnerabilidad por Exposición (VE)

Tomando en cuenta que la Vulnerabilidad por Exposición (VE) está determinada por el grado de exposición ante las amenazas, fue necesario contar con los mapas de amenazas de deslizamientos e inundaciones (resultados Fase II) y de elementos expuestos, los cuales fueron contrastados identificándose así los niveles de exposición existentes en la cuenca.

La vulnerabilidad por exposición está dada por el promedio aritmético del puntaje de vulnerabilidad por exposición de infraestructura, vulnerabilidad por exposición de la

población, vulnerabilidad por exposición de ecosistemas y vulnerabilidad por exposición de sistemas de producción.

4.3.1.1 Vulnerabilidad por Exposición de Infraestructura (VEI)

La Tabla 18 presenta la matriz relacional empleada para determinar el grado de exposición de los diferentes elementos en la cuenca, con base en el nivel de amenaza asociado con su localización; se puede apreciar que todo aquel elemento que se encuentre en un área con nivel de amenaza alta, media, baja, nula o no aplica ante deslizamientos e inundaciones, tendrá el mismo nivel de vulnerabilidad por exposición.

Tabla 18.

Matriz de dos dimensiones para determinar la VEI y la VEP en la cuenca del Río Blanco

Infraestructura identificada	Tipo y nivel de amenaza					
	Alta por desliza- mientos	Media por desliza- mientos	Baja por desliza- mientos	No aplica desliza- mientos	Baja por inunda- ciones	Nula por inunda- ciones
Subcentro de Salud	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula
Instituciones educativas	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula
Iglesias	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula
Casas comunales	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula
Fábricas	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula
Vías	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula
Viviendas	Alta	Media	Baja	No aplica	Baja	Nula

Infraestructura existente en la cuenca

Vías de Comunicación

La cuenca del río Blanco por encontrarse en un área rural, tiene una baja densidad de vías, sin embargo por este territorio pasa una vía primaria importante que es la vía Otavalo-Selvalegre- que interconecta directamente 3 parroquias del cantón Otavalo (San José de Quichinche, Selvalegre y Pataquí), es la vía principal de acceso a los diferentes poblados de la cuenca, además es la vía de acceso a la planta de producción industrial de cementos UNACEM una de las plantas industriales más importantes del cantón Otavalo, la provincia de Imbabura y del país en general; esta vía de acuerdo a los planes de ordenamiento territorial cantonal, parroquial y recorridos de campo realizado se encuentra en un estado de mantenimiento regular. Dentro de la cuenca también se encuentra un pequeño tramo de una la vía de primer orden Cotacachi-Intag que se encuentra en buen estado, de ahí en la cuenca existen vías de acceso y de comunicación entre poblados que son en su gran mayoría vías de tercera y segunda orden en mal estado.

Varios tramos de todas estas vías, en especiales las vías de segundo y tercer orden que sirven de acceso a las comunidades del área de estudio se encuentran en zonas de amenaza alta y media ante deslizamientos conforme la siguiente tabla:

Tabla 19.

Vías de la cuenca del Río Blanco en zonas con amenaza de deslizamientos

Orden vial	Vías(Tramos considerables)	Nivel de amenaza
Primer orden	Vía Otavalo-Selvalegre	Media
Segundo y tercer orden	Vía Cutambí-Guachinguero	Alta
Segundo y tercer orden	Vía Ingreso a Gualsaqui	Alta y Media
Segundo y tercer orden	Vía Achupallas-Cambugan	Media
Tercer orden	Vía interna de Tangalí, sector Huashaloma	Alta

De acuerdo a lo indicado en la tabla anterior la vulnerabilidad de la infraestructura vial es alta.

Infraestructura educativa, de salud y otras

En cuanto a la infraestructura educativa en el área de estudio existen 10 escuelas, ubicadas en las diferentes comunidades y un colegio ubicado en la comunidad de

Gualsaqui, en lo referente a salud existe un solo subcentro de salud público que presta servicios a todos los poblados de la cuenca del río Blanco; de la misma manera en el área de estudio se pudo identificar 3 iglesias ubicadas en la comunidades de Gualsaqui, Cambugan y Tangali; con lo mencionado se puede apreciar que el nivel de infraestructura de servicios es muy escaso en la zona.

Mediante análisis espacial se determina que la vulnerabilidad por exposición de esta infraestructura es baja; pues todos estos elementos se encuentran ubicados en zonas de amenaza baja (Anexo 1, Mapas 11 y 12). En forma global se determina que la VEI de la cuenca es media.

El análisis de esta variable se realizó en base a la localización de las viviendas en el área de estudio; cuyos datos fueron obtenidos para la zona de estudio del catastro de bienes inmuebles proporcionados por los GAD's de Otavalo y Cotacachi. Al aplicar los criterios de la Tabla 12, se estima que la vulnerabilidad es baja, la Tabla 20 indica los niveles de amenaza a las que se encuentran expuestas las viviendas de la cuenca.

Tabla 20.

Exposición a amenazas de deslizamientos de las viviendas de la cuenca del Río Blanco

Nivel de exposición	Nº de viviendas	%
Alta	56	3.88
Media	182	12.61
Baja	1205	83.51
Total	1443	100

Cabe indicar que del total de las viviendas analizadas y presentes en el área de estudio solo el 2.56% que equivale a 37 viviendas, se encuentran ubicadas en el cantón Cotacachi, comunidad de Ushapungo, mientras que el 97.44% que equivale a 1406 viviendas se encuentran en el cantón Otavalo distribuidas en las diferentes comunidades presentes en el área de estudio, siendo la comunidad de Gualsaqui una de las pobladas y a está le sigue la comunidad de Moraspungo.

4.3.1.2. Vulnerabilidad por Exposición de Ecosistemas (VEE)

En este punto se trabajó en base al mapa de cobertura vegetal desarrollado por el IEE, en el que se pudo distinguir tres tipos de ecosistemas que considera la metodología de Vera y Albarracín (2017), que son bosque natural, páramos y reserva ecología. En este estudio el área de reserva ecología no se toma en cuenta para la estimación de la vulnerabilidad, ya que de acuerdo al mapa de amenaza de deslizamientos esta se encuentra en la zona de no aplica. El ecosistema de bosque presenta un área de 1905.14ha y el área de páramos es de 155.34ha, dando un total de 2060.08ha.

Al aplicar los criterios de la Tabla 12 se estima que la vulnerabilidad es baja. En la Figura 21 se puede apreciar los resultados de la VEE.

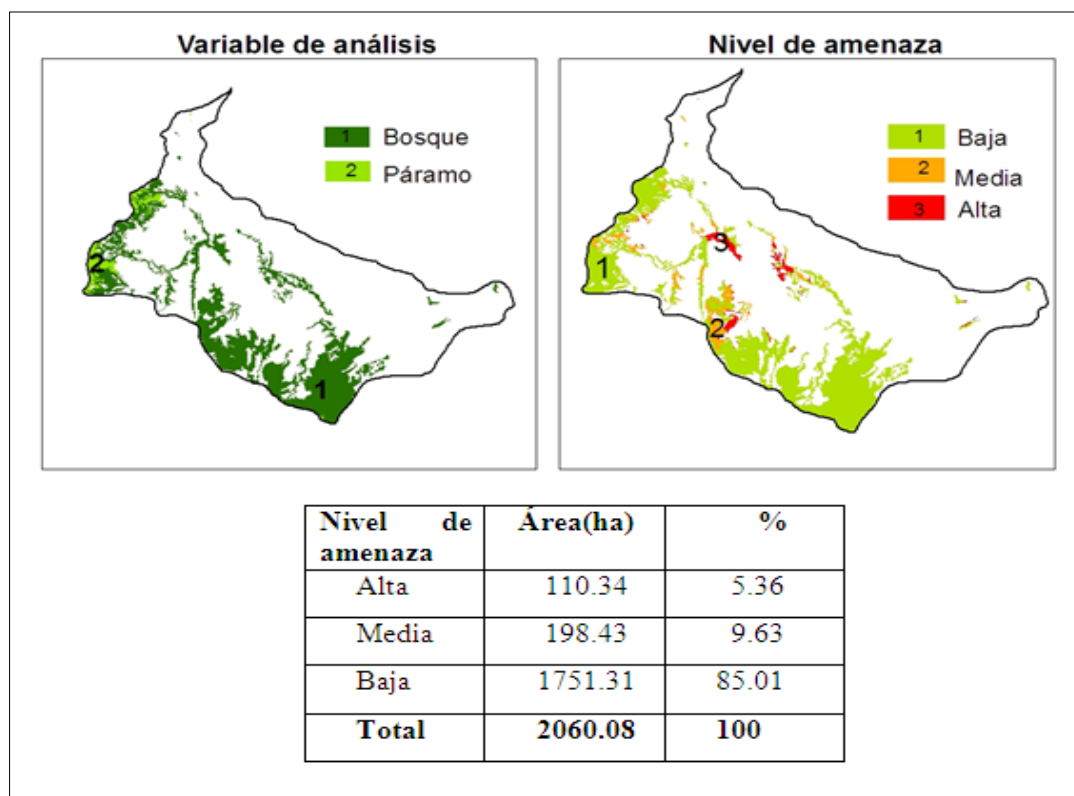


Figura 21. Resultados de VEE

4.3.1.3. Vulnerabilidad por Exposición de Sistemas de Producción (VESP)

Para esta variable se trabajó con base en tres tipologías de coberturas y usos de la tierra desarrollado por el IEE como son: plantaciones forestales, tierras agropecuarias que en global cultivos de ciclo corto o anuales como son la papa, mellocos, frejol, arveja y maíz típicos de la zona, abarca también cultivos semipermanentes en especial los frutales que se encuentran en la parte baja de la cuenca, así mismo considera los cultivos

de pastos que predominan en la parte alta y media de la cuenca y como último factor las zonas mineras que se encuentran presentes en la zona.

Estos sistemas de producción presentan diferentes grados de exposición a eventos de deslizamientos, aplicando los criterios de la Tabla 12 se estima que la vulnerabilidad es media. La figura 22 indica los resultados de la VESP.

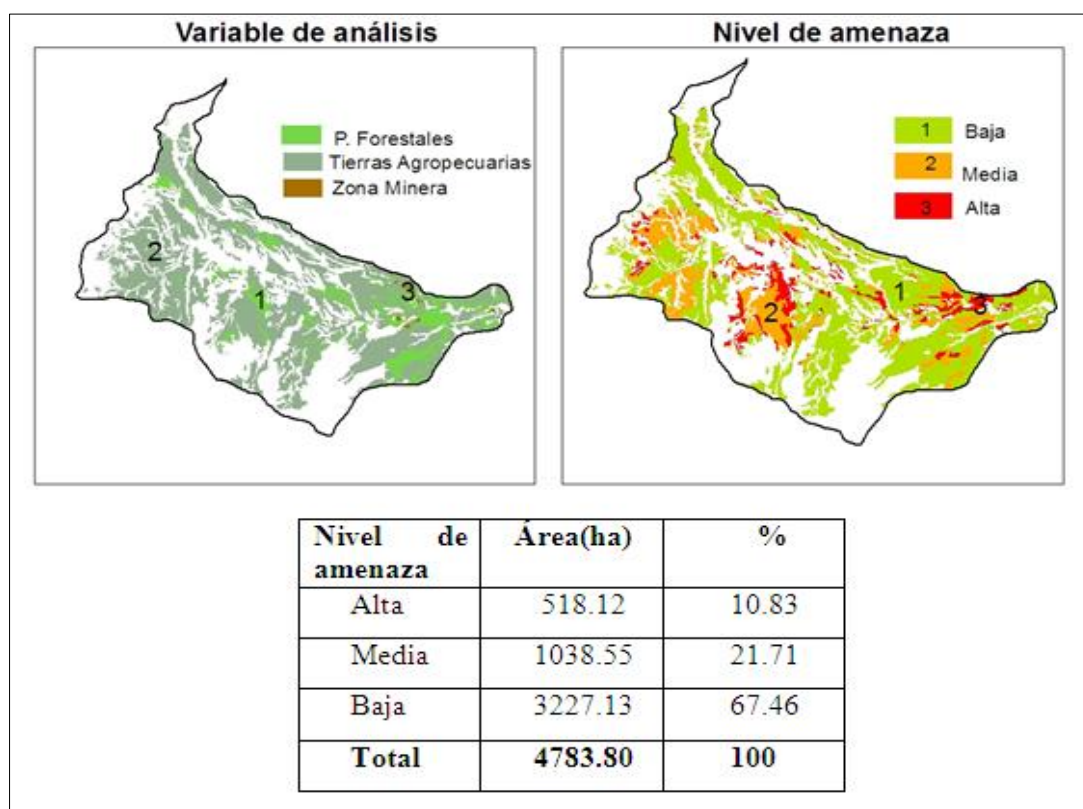


Figura 22. Resultados de VESP

4.3.2.- Vulnerabilidad por Fragilidad (VF)

4.3.2.1.- Cálculo de la Vulnerabilidad por Fragilidad Socioeconómica (VFSE)

El cálculo de este indicador se llevó a cabo tomando en cuenta el porcentaje de la población pobre por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) la misma que define que una persona es pobre por necesidades básicas insatisfechas si pertenece a un hogar que presenta carencias en la satisfacción de al menos una de sus necesidades básicas representadas en cinco componentes: calidad de la vivienda, hacinamiento, acceso a servicios básicos, acceso a educación y capacidad económica (INEC, 2016). Estos datos se obtuvieron a nivel de parroquias y tomando en cuenta que no se pueden

desagregar para cada poblado del área de estudio, se contrastó ciertos aspectos mediante entrevistas realizadas a líderes comunitarios, en especial el aspecto relacionado al acceso a servicios básicos.

La Tabla 21 indica el número de familias presentes en la cuenca, distribuidas en cada una de las comunidades y la tabla 22 presenta los porcentajes de pobreza por NBI de las parroquias en donde se encuentran asentadas las poblaciones de la cuenca del río Blanco.

Tabla 21.

Comunidades y número de familias de la cuenca del río Blanco

Nº	Pobladados/Comunidades	Número de familias	%
1	San Juan de Ingincho	76	5.80
2	Cambugan	65	4.96
3	Achupallas	30	2.29
4	Urcusiqui	45	3.44
5	Tangali	144	10.99
6	Guachinguero	70	5.34
7	Cutambi	80	6.11
8	Perugachi	112	8.55
9	Moraspungo	94	7.18
10	Gualsaqui	360	27.48
11	Rio Blanco	39	2.98
12	Agualongo de Quichinche	49	3.74
13	San Francisco de Larcagunga	46	3.51
14	Gualapuro	50	3.82
15	Pigulca	20	1.53
16	Ushapungo	30	2.29
Total:		1310	100.00

Fuente: Plan de ordenamiento territorial Parroqui San José de Quichichinche, Quiroga y censos comunitarios

Tabla 22.

Porcentaje de NBI en las parroquias pobladas de la cuenca del río Blanco

Parroquia	% pobre por NBI	Población % de familias del río Blanco
San José de Quichinche	92.3	92.37
Otavalo	51.2	5.34
Quiroga	66.1	2.29

Fuente: INEC, Censo de población y Vivienda 2010.

En base a la Tabla 22 y aplicando los criterios de la tabla 12 se estima que la VFSE es alta.

Del análisis de las entrevistas se determina que solo la comunidad de Gualsaqui cuenta con abastecimiento de agua potable que representa el 27.48% de las familias de la cuenca, mientras que el resto de las comunidades es decir el 72.52% se abastecen de agua entubada, sin procesos de potabilización y de este porcentaje ciertas familias consumen agua de pozos por la escasez de agua que se presenta en épocas secas principalmente.

En cuanto al servicio de alcantarillado la misma comunidad de Gualsaqui es la única que cuenta con este servicio, sin embargo, su cobertura no es total, hay varios sectores que aún no cuenta con este servicio. En el resto de comunidades que no cuentan con el servicio de alcantarillado dependiendo de cada familia cuentan con pozos sépticos, letrinas, pero la mayoría de las familias no cuentan con ningún tipo de saneamiento lo que conlleva a generar focos de infección, desechos y contaminación ambiental. Todo esto repercute en su desarrollo, entendiendo al desarrollo como el proceso de mejora del bienestar y la calidad de vida que beneficia a las familias y a la comunidad en general.

En el tema de servicios de salud, a nivel de cuenca existe un solo subcentro de salud ubicado en la comunidad de Gualsaqui; en donde atienden los problemas de salud de los pobladores de la cuenca, en casos que se requiera de atención de especialistas este subcentro de salud traslada a los pacientes al hospital San Luis de Otavalo y otros.

4.3.2.2. Cálculo de la Vulnerabilidad por Fragilidad Ambiental (VFA)

- **Conflictos por Uso del Suelo**

Esta variable se calculó en base a la información generada por el IEE, lo que nos indica que el 60.99% del territorio no presenta conflictos por uso del suelo, el 24.24% del territorio presenta conflictos por sobreutilización ya que existen zonas en especial en la parte central de la cuenca con cultivos de maíz, cebada, arveja, quinua, papas y pastos, cuando su capacidad de uso es para el aprovechamiento forestal, conservación y protección de la cobertura natural, un 14.49% del territorio presenta conflictos de

subutilización.

Aplicando los criterios de la Tabla 12 se estima que la vulnerabilidad es baja.

- **Nivel de deforestación**

Esta variable se estima en base al mapa de cobertura vegetal, el mismo que indica que el área de estudio presenta un porcentaje de cobertura boscosa del 21.45% que equivale a 1905.14 ha. Aplicando el criterio de la Tabla 12 de la metodología se tiene que la vulnerabilidad es media.

4.3.2.3.- Cálculo de la Vulnerabilidad por Fragilidad Física (VFF)

La evaluación de este componente fue en base al análisis de los catastros de bienes inmuebles, visitas a campo y entrevistas a líderes comunitarios y funcionarios públicos, obteniéndose lo siguiente:

- Las diversas edificaciones que se van levantando en el territorio se hacen sin apoyo técnico especializado, la gran mayoría de construcciones son informales ya que no cuentan con los permisos correspondientes de la Municipalidad; por lo tanto, se considera que no cumplen parámetros de sismo resistencia.
- Se identifica que aproximadamente el 80% de las viviendas están construidas de bloque, el 15% son de tapial y el 5% restante es de bahareque.
- La mayor parte de las construcciones son de uno o dos pisos, de las cuales el 60% tiene cubierta de teja, un 25% es de hormigón armado y el 15% restante es de eternit y otros materiales (Anexo 3, Fotos 14-15).
- La principal vía de acceso y conexión a los poblados de la cuenca se encuentran en un estado regular en la mayor parte de sus tramos. Las vías secundarias de acceso a los poblados que se encuentran en la cuenca están en mal estado y por su material que, en la mayoría es de tierra y por falta de cunetas laterales presentan socavaciones que contribuyen a la inestabilidad de taludes.

En general el estado de mantenimiento de las infraestructuras presentes en la

cuenca (viviendas, vías, instituciones educativas) es inadecuado. Con base en estos aspectos se determina que la VFF es alta.

4.3.3.-Vulnerabilidad por Capacidad de Adaptación y Respuesta (VCAyR)

La VCAyR está determinada por la percepción social del riesgo institucional y comunitario y por la capacidad de gobernanza y gestión territorial.

4.3.3.1.- Percepción del Riesgo (VCAyRPR)

Percepción desde la Comunidad

Este componente se trabajó en base a los análisis de las entrevistas realizadas a los líderes comunitarios en el tema de los problemas y o necesidades prioritarias que consideran deben ser atendidos por la institucionalidad. De esta manera se determinó que los aspectos explícitamente relacionados al riesgo de desastres están en el nivel medio, los mismos que se pueden apreciar en la Tabla 23.

Tabla 23.

Orden de importancia de los principales problemas/necesidades que las comunidades de la cuenca, consideran deben ser atendidas por los organismos estatales.

Problema/Necesidad	Prioridad
Vialidad, mal estado de las vías de acceso e internas de las comunidades	Alta
Alumbrado público en las comunidades	Alta
Apoyo en el mejoramiento de sistemas de abastecimiento y calidad del agua	Alta
Constates deslizamientos en ciertos sectores- Inestabilidad de taludes	Media
Mercadeo de productos agropecuarios	Media
Incendios	Baja
Deforestación	Baja

Percepción desde la institucionalidad

Al igual que en la percepción de la comunidad se realizó entrevista a funcionarios relacionados en el tema de planificación y gestión de riesgos del GAD-Municipal de Otavalo. Del análisis se obtiene que esta variable se encuentra en un nivel medio, ya que, por un lado, los encargados de la gestión de riesgos indican que es prioritario atender temas inherentes a su ámbito y por otro lado los planificadores dan mayor prioridad a obras de equipamiento urbano y normalización y control de usos de suelo, aunque este último implícitamente se relaciona a la prevención de amenazas y riesgos.

4.3.3.2 Capacidad de Gobernanza y Gestión del Territorio VCAyRGT

Para la evaluación de este componente se aplicó la matriz de la tabla 15 de la metodología, cuyos resultados se encuentran en la tabla 24 y al promediar los puntajes asignados, se encontró que la vulnerabilidad es media.

Tabla 24.

Matriz de evaluación para determinar vulnerabilidad por capacidad de gobernanza y gestión territorial de la cuenca del río Blanco.

Instrumento que contempla la gestión del riesgo	No cuenta	Desactualizado y aplica	Desactualizado y no aplica	Actualizado y no aplica	Actualizado y aplica
Plan de Ordenamiento Territorial – PDOT					Baja(1)
Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas- POMCA	Alta(3)				
Plan de Gestión Ambiental		Media(2)			
Política Pública				Media(2)	
Estudios de riesgo				Media(2)	



4.3.4. Consolidación de resultados-Vulnerabilidad Global

En la Figura 23 se indican los resultados obtenidos, que indican el nivel de vulnerabilidad ante eventos de deslizamientos en la cuenca del río Blanco; además permite identificar cuáles son aquellos componentes o subcomponentes de la vulnerabilidad que deben ser intervenidos con el propósito de reducir la vulnerabilidad y de aumentar la capacidad de respuesta y adaptación de la cuenca.

Componentes de la vulnerabilidad	Variable		Puntaje		Nivel	Total(V)	
VE	VEI		2		1.5	Media	M E D I A
	VEP		1				
	VEE		1				
	VESP		2				
VF	VFSE		3		2.5	Alta	
	VFA	CPUS	1	1.5			
		NDEF	2				
	VFF		3				
VCaYR	VCaYPRR		2		2	Media	
	VCaYRGT		2				

Figura 23. Consolidado de los resultados obtenidos en la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes (VG) en la cuenca del río Blanco

En cuanto al nivel de vulnerabilidad ante amenazas de inundaciones se estima que es baja por cuanto el nivel de amenaza de inundaciones de la cuenca es baja y este nivel representa apenas el 1% y la nula representa el 99% de la superficie del área de estudio; sin embargo, se debe tomar en cuenta medidas de prevención, en especial, en la comunidad del Río Blanco ya que sus pobladores se encuentran situados en zonas muy cercanas a las riberas del río.



	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

CAPITULO V

PROPUESTA

La ubicación geográfica de la cuenca del río Blanco con sus características biofísicas, el asentamiento de informal de vivienda, las características estructurales y materiales de sus construcciones y los factores socioeconómicos de sus habitantes da lugar a zonas de riesgos y poblaciones vulnerables. El análisis del riesgo (amenazas y vulnerabilidad) de la cuenca fue la base para diseñar esta propuesta que consiste en establecer las medidas de mitigación y prevención; que permitan disminuir el nivel de vulnerabilidad y riesgo identificado en función a las amenazas de deslizamientos e inundaciones. Para una mejor apreciación y aplicación, la propuesta ha sido estructurada de la siguiente manera:

- Tema
- Objetivo general
- Políticas de acción
- Área de intervención
- Actores
- Medidas de prevención y mitigación
 - Medidas estructurales
 - Medidas no estructurales

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

1. Tema

Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones -Cuenca del río Blanco.

2. Objetivo

Elaborar una propuesta que contenga medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas naturales y socio naturales (inundaciones y deslizamientos) que atentan contra el desarrollo sostenible de la cuenca del río Blanco.

3. Políticas de acción



- La gestión de riesgos de desastres ocasionada por amenazas naturales y socionaturales es una prioridad para los gobiernos locales de la cuenca del río Blanco.
- La gestión de riesgo es una responsabilidad que compromete a todos los actores de desarrollo y a la sociedad civil en general, cada uno según su rol.

4. Áreas de Intervención

El área de intervención es la cuenca del río Blanco, específicamente los lugares donde se ha identificado el mayor nivel de riesgos (Mapa de Deslizamientos e inundaciones), donde las amenazas podrían provocar mayores daños.

Estas áreas se irán especificando en la descripción de cada una de las medidas propuestas sin embargo se menciona de forma general que las áreas a intervenir serán:

- Tramos de la vía de primer orden Otavalo-Selvalegre (20,5 km)
- La vía de segundo y tercer orden Cutambi-Guachinuero (8,5 km)
- Varias vías de segundo y tercer orden de la cuenca (45.87 km)
- Comunidad de Guachinguero, Cutambi, Tangali, Cambugan, Inguicho y

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Río Blanco.

- Las diferentes microcuencas presentes en el área de estudio.

Daños y consecuencias de los riesgos de deslizamientos e inundaciones

Los riesgos identificados podrían provocar diferentes daños y consecuencias si llegaran a materializarse.

Tabla 1.



Daños y consecuencias que podrían provocar los eventos adversos

Evento adverso	Daños	Consecuencias
Deslizamientos	Daños de las vías	Sociales Económicas Ambientales
	Cierre de vías	
	Daños en los servicios básicos y líneas vitales	
	Colapso de estructuras	
	Daños a la propiedad	
	Pérdidas materiales	
	Personas heridas Pérdida de vidas humanas	
Inundaciones	Pérdidas materiales	Sociales Económicas Ambientales
	Daños en la propiedad	
	Daños en las vías	
	Pérdida de cultivos Pérdida de vidas humanas	

5. Actores

Los principales actores para llevar a cabo cada una de las medidas planteadas serán los organismos gubernamentales como los GAD's municipales, parroquiales, provinciales, la SNGR, sus unidades operativas y los pobladores de la cuenca, no obstante, se indica que pueden ir surgiendo diferentes actores de acuerdo a las medidas que se plantean más adelante.

6. Medidas de mitigación y prevención



	Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.	
---	--	---

La Tabla 2 indica de manera general cada una de las medidas propuestas con los involucrados y las amenazas que se pretende mitigar.

Tabla 2 .

Medidas de mitigación y prevención y actores

Medidas	Tipo	Actores	Amenaza
Estructurales	Cunetas de coronación	Habitantes del sector GAD-Parroquial San José de Quichinche GAD-Municipal de Otavalo SNGR	Deslizamientos
	Cunetas laterales	Habitantes de la cuenca GAD-Parroquial San José de Quichinche GAD-Municipal de Otavalo GAD-Provincial de Imbabura SNGR	Deslizamientos
	Bermas	Habitantes del sector GAD-Parroquial San José de Quichinche GAD-Municipal de Otavalo GAD-Provincial de Imbabura SNGR	Deslizamientos
	Disminución de la pendiente del talud	Habitantes del sector GAD-Parroquial San José de Quichinche GAD-Municipal de Otavalo GAD-Provincial de Imbabura SNGR	Deslizamientos
	Forestación y Reforestación	Habitantes de la cuenca GAD-Parroquiales Quichinche GAD-Municipales MAE MAG Unidades educativas ONG's	Deslizamientos
No estructurales	Normativa adecuada de uso del suelo	Habitantes de la cuenca GAD-Municipal de Otavalo	Deslizamientos
	Capacitaciones	Habitantes del sector GAD-Parroquiales GAD-Municipales MAE MAGAP SNGR Cuerpo de Bomberos	Deslizamientos Inundaciones y Otros.

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones.</p> <p align="center">Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	---	---

6.1. Medidas estructurales de mitigación

Son consideradas como todo tipo de construcción física, que ayudan a la estabilidad de taludes y por ende a reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas. También son conocidas como técnicas de ingeniería, aplicadas para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas. En este estudio, las medidas estructurales están diseñadas según las características físicas del sector y acorde a las necesidades y las amenazas identificadas en cada sector de la cuenca. El propósito es presentar una propuesta a la comunidad, con medidas estructurales capaces de ser implementadas con cierto nivel de gestión en las entidades competentes y auto compromiso de todos los actores.

6.1.1 Cunetas de coronación.

Las cunetas o zanjas de coronación son canales que se construyen para desviar el agua que escurre sobre la superficie de una pendiente y consecuentemente para evitar la erosión del suelo y deslizamientos. Son implementadas especialmente en zonas de mucha pendiente o donde se ha realizado el corte del terreno para la instalación de alguna estructura.

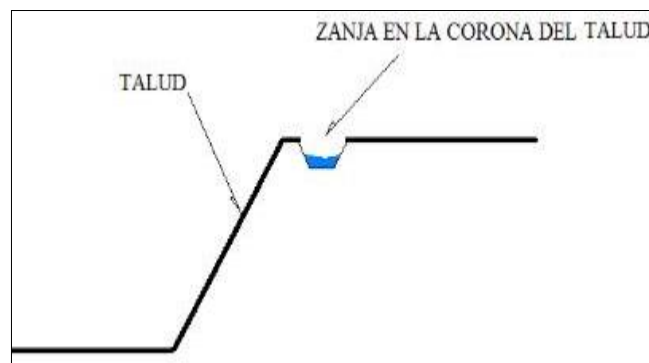




Figura 1. Cuneta de Coronación

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Lugar para implementación

Vía de primer orden Otavalo-Selvalegre, sector Perugachi.

Coord. UTM-WGS8417S: P1:801475.49 10026961.73 P2:800977.97 10026751.36

Propósito

Evitar que el flujo de agua y lodo, que en épocas de lluvias son arrastradas sobre la pendiente de la ladera produzcan daños a la infraestructura vial, a las personas y provoque deslizamientos y erosión del suelo.

Observaciones

Las cunetas no se deberán realizar cerca del filo o el borde de la quebrada.

En algunos casos se recomienda que las cunetas vayan revestidas de concreto esto y su diseño debe justificarse técnicamente.



Una vez implementado se debe realizar un cronograma para la limpieza y mantenimiento de las cunetas de coronación.

6.1.2. Cunetas laterales

Las cunetas son drenajes longitudinales que captan las aguas superficiales procedentes de la calzada, evitando encharcamientos en las vías, recoge también las aguas de escorrentía de taludes y laderas adyacentes. El agua debe ser conducida a alcantarilla o sitios de desfogue, pueden estar construidas en los terrenos naturales o revestidos.



Foto 1. Cuneta con revestimiento-Vía Otavalo-Selvalegre

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Lugar para implementación

Vía de acceso a los poblados de segundo y tercer orden que no cuentan con esta obra, como son Gualsaqui, Moraspungo, Cutambi, Guachinguero y Tangali principalmente.

Propósito

Evitar la socavación de las vías que causan daños e inseguridad vial y además provoca la inestabilidad de taludes que conlleva a la presencia de deslizamiento.

Observaciones

Las cunetas pueden ser revestidas de concreto o no, sin embargo, por las características climáticas del sector, donde se presentan fuertes precipitaciones y de acuerdo a lo observado in situ (considerables áreas viales y pie de taludes con socavación) se recomienda que estas sean revestidas.

Una vez implementado se debe realizar un cronograma para la limpieza y mantenimiento de las cunetas de coronación.

6.1.3 Bermas

El sistema de bermas es una forma de terracería, por lo general se construyen bermas intermedias en los sitios de cambio de pendiente y en los sitios donde se requiera para garantizar un factor de seguridad. La localización y ancho de las bermas depende del propósito de las bermas, que en nuestro caso es la aumentar el factor de seguridad ante deslizamientos; por lo que de acuerdo a la literatura especializada es aconsejable un ancho mínimo de 1.50 a 2m.

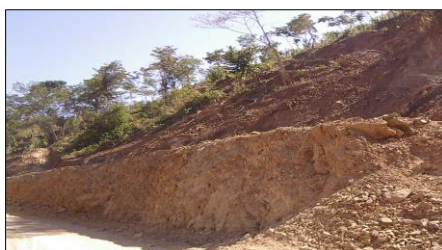




Foto 2. Berma en construcción

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Lugar para implementación

Vía de acceso principal a la comunidad de Cutambi, que presentan altas pendientes.

Coord. UTM-WGS8417S: P1:797486.30 10026891.68 P2:797244.60 10026970.65

Propósito

Aumentar el factor de seguridad ante deslizamientos ya que cada nivel de las bermas ayuda a controlar el deslizamiento evitando que avance hacia la infraestructura vial que es ocupada por vehículos y personas; además contribuye a mantener la estabilidad del talud.

Observaciones

Una vez intervenida el área y desarrollada la obra, se tiene que realizar la revegetación de esta con especies herbáceas y arbustivas especialmente.

6.1.4 Disminución de la pendiente del talud-Corte de la cabeza del talud

Consiste en la excavación de la cabeza del talud, debido a que la parte superior del talud es la que aporta una mayor fuerza actuante sobre la masa inestable.

Lugar para implementación



Vía Cutambi-Guachinguero, tramo acceso Guachinguero por el poblado de Moraspungo.

Coord. UTM-WGS8417S: P1:794220.72 10030450.22 P2:794185.59 10030350.05

Propósito

Disminuir la pendiente del talud que ayude a mantener su estabilidad; para que a su vez se presenten menos eventos de deslizamientos que son frecuentes en esta zona.

Observaciones

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Se consideró esta alternativa, ya que, esta zona se caracteriza por tener suelos granulares franco arenoso y para este tipo de suelo según literatura especializada se recomienda esta técnica.

6.1.5. Forestación y Reforestación.

La Reforestación consiste en restablecer la cobertura arbórea, es decir volver a plantar especies nativas en zonas donde se ha eliminado esta cobertura, en cambio, la forestación es la plantación masiva de árboles en áreas donde estos no existieron.

La forestación y la reforestación tienen múltiples beneficios entre los que tenemos: ayudan a la conservar la biodiversidad, el suelo, reducen la pérdida de bosques y sus funciones en el ecosistema, también la reforestación estabiliza taludes.

Lugar para implementación y criterios de selección de áreas a forestar y reforestar

-Distintas microcuencas del área de estudio: Quebrada Perugachi, Quebrada La Veles, Quebrada Gualsaqui, Quebrada de Cambugan y el Río Tangali.

-Riveras del Río Blanco

Propósito

Proteger el suelo, aumentar la estabilidad de terreno, evitando así la erosión y deslizamientos; tiene como propósito también la conservación y protección de las cuencas hídricas y sus cauces.

Especies recomendadas

Las especies nativas recomendadas para la forestación y reforestación en la cuenca del Río Blanco se indican en la siguiente tabla:



	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Tabla 3.

Especies recomendadas para la forestación y reforestación de la cuenca del Río Blanco



Nº	Especie	Nombre común	Rango- Altitudinal
1	<i>Alnus acuminata Kunth</i>	Aliso	2300-3200
2	<i>Tecoma stans</i>	Cholán	1600-3000
3	<i>Acacia macracantha</i>	Espino	1200-2800
4	<i>Inga sp.</i>	Guaba	1900-2900
5	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Guarango	1500-3000
6	<i>Schinus molle</i>	Molle	1600-3200
7	<i>Juglands neotropica</i>	Nogal	1500-3000
8	<i>Erithrina edulis</i>	Porotón	800-2800
9	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Pumamaqui	2200-3400
10	<i>Polylepis sp.</i>	Yagual	3100-4000

Fuente: Coronel, 2017

Las especies recomendadas aquí se basan en un estudio realizado bajo el tema de: Identificación de rangos altitudinales en las micro-cuencas de la provincia de Imbabura, para el crecimiento de 38 especies arbóreas con fines de conservación ambiental.

6.2. Medidas no Estructurales de Mitigación

Son aquellas que no suponen ninguna construcción física, sino que emplean el conocimiento, la puesta en práctica de conocimientos, los acuerdos pre-existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas, leyes y/u ordenanzas municipales, una mayor concientización institucional y ciudadana frente a amenazas y riesgos, la capacitación y la educación.

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

6.2.1 Desarrollar una normativa adecuada de uso del suelo

El uso de suelo se refiere a aquel uso que los seres humanos hacen de la superficie terrestre. El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en un ambiente construido tal como campos de sembradíos, pasturas y asentamientos humanos. Vale la pena indicar la definición del uso del suelo según la FAO: Acciones, actividades e intervenciones que las personas realizan sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla.

Propósito



Contar con una herramienta normativa que permita regular y controlar el uso de suelo, sobre todo en zonas de riesgo, que ayuden a evitar el asentamiento de poblaciones en zonas inseguras, de protección ambiental, riveras de ríos, etc.; el mismo que permitirá evitar el aumento de poblaciones vulnerables en la cuenca del río Blanco.

Observación

Del análisis de amenazas y vulnerabilidad (análisis de riesgo) desarrollado en el marco de este trabajo investigativo se determinó que existen viviendas ubicadas en zonas de riesgo, en territorio correspondiente a la jurisdicción del cantón Otavalo (zonas antrópicas intervenidas), en donde también se encuentra gran parte de la extensión de la cuenca del río Blanco en , cuyo ente competente que es el GAD municipal de Otavalo no cuenta con esta normativa, solo existe una Ordenanza de regulación urbana uso y ocupación del suelo, a nivel urbano como su nombre lo indica.

6.2.2. Capacitaciones

La capacitación a las personas y a las comunidades independientemente del tema y ámbito que se trate, es fundamental e indispensable para que las personas conozcan determinada situación, realidad de un tema y aumenten sus capacidades. En este enfoque la capacitación será en temas relacionados a todos los componentes de la gestión de riesgo de desastres.

	<p align="center">Medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres asociados a amenazas de deslizamientos e inundaciones. Cuenca del Río Blanco.</p>	
---	--	---

Propósito

Lograr sensibilizar a la población en la importancia que tiene el conocimiento en temas de riesgos y desarrollar en ella capacidades para prevenir/reducir riesgos (amenazas y vulnerabilidad) y si fuera el caso actuar y tomar medidas ante su ocurrencia.

Observaciones

Las capacitaciones deben ser coordinadas con los líderes comunitarios y las diferentes instituciones gubernamentales a fin de desarrollar cronogramas en las que puedan participar la mayoría de la población.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El estudio se caracterizó por presentar un nivel de análisis semi-detallado a nivel de cuenca hidrográfica.

- La determinación de amenazas de deslizamientos e inundaciones se realizó en función de las características particulares del área de estudio, su geología (litología), geomorfología y elementos biofísicos como la cobertura vegetal, precipitaciones, suelo (textura y profundidad), apoyados por Sistemas de Información Geográfica (SIG) y a una escala considerable a nivel de cuenca hidrográfica 1:25000. Esto dio como resultado que la cuenca del Río Blanco presenta 3 niveles de amenaza de deslizamientos Alta que representa el 16.24% (1438.97 ha), Media que representa el 18.35% (1625.93ha), Baja con un porcentaje del 63.04% (5586.72 ha) y no aplica con el 2.37% (210.5ha) en cuanto a amenaza de inundaciones la cuenca presenta dos niveles Baja que representa el 1% (88.71 ha) del área de estudio y Nula que representa el 99% (8773.41).
- Los modelos conceptuales y cartográficos desarrollados y aplicados, demostraron ser una metodología confiable para la determinación y zonificación de amenazas ya que estos fueron validados con trabajo de campo e investigación documental. Sin embargo, se indica que estos modelos son perfectibles a la medida que se disponga de información adicional y/o de mayor detalle.
- Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una valiosa herramienta para abordar trabajos que requieran zonificar y modelar múltiples variables, en nuestro caso variables relacionadas a las amenazas naturales y socio naturales; debido a su capacidad y gran volumen de información que pueden procesar,

llegando a obtener con ello un producto o productos que engloban las características de todas las variables y o elementos.

- Los resultados alcanzados en el análisis de vulnerabilidad hasta el momento constituyen una base importante para avanzar en la caracterización de la vulnerabilidad de esta cuenca y sus poblaciones, contribuyendo a llenar un vacío de conocimiento existente a nivel de cuencas hidrográficas, y a alertar a las autoridades y entidades locales su actuar ante estas realidades.
- De los componentes de la vulnerabilidad analizados, se debe resaltar que la cuenca es altamente vulnerable en el componente socioeconómico, ya que entre otras características, ni siquiera cuenta con servicios básicos de agua potable y alcantarillado; de las 16 comunidades presentes en la cuenca solo 1 de ellas posee agua potable y alcantarillado pero su cobertura no cubre al 100% de esa población. Otro componente que presenta un alto grado de vulnerabilidad es la infraestructura vial que se encuentran en zonas de amenaza, con un estado de mantenimiento malo en donde se presentan constantes deslizamientos.
- Dada la relación de amenazas con vulnerabilidades (vulnerabilidad global), la materialización del riesgo en el territorio puede causar pérdidas de vidas humanas, materiales, de producción y de infraestructura incalculables por lo que, las medidas de prevención y mitigación de riesgos definidos en la propuesta de este trabajo podrían aplicarse por parte de las autoridades respectivas y disminuir las condiciones de riesgo.
- En forma general los resultados de este estudio ofrecen la posibilidad de utilizarlos en la planificación del territorio, a través de instrumentos como el Plan de Ordenamiento Territorial, Normativas de Uso y Ocupación del Suelo, Plan de Gestión de Riesgos; aportando elementos cualitativos, cuantitativos y cartográficos y geográficos, que pueden apoyar a la toma oportuna de decisiones a diferentes niveles de decisión y acción, y con ello contribuir a un desarrollo integral del territorio en cuestión.

RECOMENDACIONES

- A los organismos de gestión y planificación del territorio de la cuenca, tomar en cuenta los resultados del análisis de riesgo (amenazas y vulnerabilidades), para controlar posibles asentamientos en dichas zonas.
- Difundir la metodología aplicada a los GAD's, para su uso en los programas de ordenamiento territorial y gestión de riesgos.
- Realizar un estudio a mayor detalle en el tema tratado, en las zonas con amenazas altas y medias con el fin de evaluar de manera más exhaustiva dichas zonas. De la misma manera se recomienda realizar el estudio de amenaza de inundaciones mediante modelos hidrológicos que evalúen de manera más cuantitativa esta amenaza y poder validar por este otro medio el resultado obtenido en este estudio.
- Continuar con el desarrollando de investigaciones relacionadas con la aplicación de SIG en los estudios de las amenazas naturales, y socio naturales con el objetivo de validar metodologías aplicables a los diferentes territorios que conforman nuestro país el Ecuador, a fin de que estos estudios generen información cartográfica útil, actualizada y detallada para la toma de decisiones.
- Implementar las medidas de mitigación y prevención de riesgos detalladas en esta investigación, mediante la cooperación y aporte de todos y cada uno de los actores con el fin de disminuir los niveles de riesgos identificados.
- Realizar investigaciones que consideren otras amenazas de la zona de estudio como: erosión e incendios presenciados durante la investigación, a fin de disponer de una base de datos integral de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos de la zona y poder emprender a base de ellas una gestión integral de riesgos que contribuya al desarrollo de la cuenca.

- Las autoridades locales, municipales, provinciales y demás deben considerar a la población más vulnerable como objetivo prioritario de atención en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial; en especial deben adquirir mayor compromiso en atender las necesidades básicas de agua potable y alcantarillado de las poblaciones de la cuenca del río Blanco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becker, P. (2014) *Sustainability Science. Managing risk and resilience for sustainable development*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Beltrán, G. (2006). Informe sobre identificación y mapeo de riesgos naturales Recuperado de : <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/geovanna/Informe%20final%20Mapeo%20de%20Riesgos.pdf>, el 01/07/2017.
- Berrocal, M. (2008). *Análisis y evaluación de la vulnerabilidad de la población de La Fortuna de San Carlos a la actividad volcánica del Volcán Arenal, Costa Rica*. (Tesis Doctoral). Universit de Girona Institut de Medi Ambient, España.
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards* 7: 20-31.
- Bohórquez, T. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método, *Investigaciones Geográficas*, 81, 79-93.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. y Wisner B. (1996). Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres, en América Latina. Recuperado de <http://www.desenredando.org>, el 01/07/2017.
- Cardona, O. (2003). Indicadores para la Medición del Riesgo: Fundamentos para un enfoque Metodológico. Programa BID/IDEA de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Recuperado de http://www.iadb.org/exr/disaster/IDEA_IndicatorsReport_sp.pdf, el 03/02/2017.
- Cardona, O. (2004). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management. En: Banko_ G, Frerks G, HilhorstD (Eds.) *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People* (pp. 37-51). Londres: Earthscan Publishers.
- Cardoso, M. (2017). Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de un índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera, Provincia de Santa Fe, Argentina. *Cuadernos de geografía*, 27(48), 156-183. doi: 10.5752/p.2318-2962.2017v27n48p156
- Cartaya, S., Pacheco, H., Méndez, W. y Carrera, J. (2010). Validación de la técnica compensatoria aditiva para la ponderación de variables que intervienen en la génesis de procesos de remoción en masa. *Sapiens* 11(1), 13-30.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), (2010). Annual disaster statistical review 2009, the numbers and trends. Recuperado de: http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2009.pdf, el 01/07/2017.
- Coronel, B. (2017). *Identificación de rangos altitudinales en las micro-cuencas de la*

provincia de Imbabura, para el crecimiento de 38 especies arbóreas con fines de conservación ambiental, aplicando Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Tesis de Maestría). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Corporación Británica de Radiodifusión-BBC (2010). Record de los desastres naturales. Disponible en http://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/12/101221desastres_desastres_naturales_2010_lh.shtml.

Chávez, M., Binnquist, G. y Salas, A. (2016). Evaluación multicriterio de la vulnerabilidad biofísica ante inundaciones en la subcuenca río Atoyac-Oaxaca de Juárez. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(10), 97-107. doi: 10.19136/era.a4n10.816

Chiquin, N. (2017). *Susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la parroquia Pomasqui – Ecuador*. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Chuang, F. y McEwen, A. (2011). Movimientos en Masa. Rev.: 05.05.2015. Recuperado de <http://www.uahirise.org/es/temas/mass.php>, el 10/08/2017

Cruden, D y Varnes D. (1996). Landslide types and processes. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/269710355_CrudenDM_Varnes_DJ_1996_Landslide_Types_and_Processes_Special_Report_Transportation_Research_Board_National_Academy_of_Sciences_24736-75, el 10/07/2017.

Dewan A. (2013). *Floodsin a megacity: Geospatial techniques in assessing hazards, riskand vulnerability*. TheNetherlands: Springer.

Díaz, J., Chuquisengo, O. y Ferradas, P. (2005). *Gestión de Riesgos en los gobiernos locales*. Perú: Soluciones Prácticas-ITDG Intermediate Technology DevelopmentGrup.

Duque, D. (2001). Determinación de áreas de riesgo por deslizamientos en la Comuna 20 del municipio de Cali, utilizando sistemas de información geográfica. *Ingeniería y Competitividad*, 3(2), 37-44.

López, M. y Sánchez, L. (2011). Vulnerabilidad ante inundaciones en un sector de la ciudad de Coro sobre Sistema de Información Geográfica. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 32(2), 69-74.

Federación de Municipios del Istmo Centroamericano (FEMICA). (2005). *Prácticas exitosas sobre manejo de servicios ambientales para poblaciones vulnerables a desastres ambientales en ciudades de América Central*. Turrialba, Costa Rica:CATIE

Gamboa, F. (2010). Inundados, reubicados y olvidados: Traslado del riesgo de desastres en Motozintla, Chiapas. *Revista de Ingeniería*, (31), 132-144.

Gao, J., Nickum J. y Pan, Y. (2007). An assessment of flood hazard vulnerability in the

- Dongting lake region of China. *Lakes Reservoirs Research Management* 12: 27-34.
- Gaspari, F., Rodríguez A., Delgado, M., Senisterra, G. y Denegri, G. (2011). Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG. *Multequina: Latin American Journal Of Natural Resources*, (20), 3-13.
- Gerold G., Shawe M., y Back K., (2008). Hydrometeorologic, pedologic and vegetation patterns along an elevational transect in the montane forest of the Bolivian Yungas. *DIE ERDE: Jurnal of the Geographical Society of Berlin*. 139(1-2), 141-168.
- González, E., y Maldonado, A. (2017). Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones vulnerables. El papel de la educación en la resiliencia comunitaria. *Teoría de la educación. Revista Interuniversitaria*. doi: 10.14201/teoredu2017291273294
- González, J., (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 5(8), 59-70.
- Hidalgo, C., y Vega, J. (2014). Estimación de la amenaza por deslizamientos detonados Por sismos y lluvia (Valle de Aburrá-Colombia). *Revista EIA*, 11(22), 103-117. doi:10.14508/reia.2014.11.22.103-117
- Hinkel, (2011). Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 21, 198-208.
- Idarraga, F. (2010). Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. *Revista De Ingeniería*, (31), 97-108.
- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE). (2012). *Proyecto Nacional de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional escala 1: 25 000*. Recuperado de www.ideportal.iee.gob.ec
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2003). *Amenaza por deslizamientos y otros procesos exógenos*. Nicaragua. Disponible en: www.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/amenaza.htm
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2005). *Mapas de amenazas por inestabilidad de laderas*. Recuperado de <http://webserver2.ineter.gob.ni/proyectos/metalarn/deslizamiento.pdf>, el 20/08/2017
- Izzo, M. (2016). Recolección de elementos para la caracterización de la vulnerabilidad territorial en la cuenca medio-alta del río Nagua, República Dominicana. *Ciencia y Sociedad*, 41(2), 201-232.
- Jha K., Bloch R., Lamond, J. (2012). Ciudades e inundaciones: Guía para la gestión de

riesgo ante inundaciones en ciudades en el siglo 21. Washington- USA: The World Bank-Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.

Jiménez, F., Faustino, G. y Velásquez, S. (2004). Análisis integral de la vulnerabilidad de amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Latina. *Recursos Naturales y Ambiente*, 48, 93-102

Kreimer, A. y Arnold, M. 2008. Programa Ambiental de Gestión de Desastres y Cambio Climático. Recuperado de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35157143>, el 20/10/2017.

Krishnamurthy, P., Lewis, K., y Choularton, R. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25, 121-132

León, A., Marrero, N., Gómez, M., Martínez, J., Rodríguez, Y. y Escarpín, E. (2010). Una estrategia de gestión para la alerta temprana ante peligro de inundaciones debido a intensas lluvias. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 31(2), 14-20.

Milánes, C., Rodríguez, L. y Olaya, N. (2017). *Amenazas, riesgos y desastres: visión teórico-metodológica y experiencias reales*. Barranquilla-Colombia: Educosta.

Mora, R., Vahrson, W. y Mora, S. (1992). Mapa de Amenaza de Deslizamientos, Valle Central, Costa Rica. Costa Rica: CEPREDENAC.

Morales, L. (2008). *Evaluación de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo bajo influencia de tres coberturas vegetales en Porcé II, Antioquia, Colombia* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Musseta, P., Barrientos M., Acebedo E., Turbay, S., y Ocampo O. (2017). Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina. *Empiria*, 36, 119-147.

Narváez, L., Allan, L., y Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos*. Lima, Perú: PREDECAN

Ocola, L. (2005). Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú. *Revista Geofísica*, (61), 81-125.

Pacheco, H., Cartaya, S. y Méndez, W. (2006). Calibración de un modelo para la Obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos en microcuencas de drenaje, estado de Vargas, Venezuela. *Aula y Ambiente*. 17 (12), 125-130.

Polsky, C., Neff, R., y Yarnal, B. (2007). Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change*, 17 (3), 472–485. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2007.01.005.

Puente, S. (2017). *Zonificación y evaluación de amenazas por deslizamientos y caídas de roca en el Cantón Guano - Provincia de Chimborazo, escala 1: 25 000* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. (2004). La reducción del riesgo de desastres, un desafío para el desarrollo. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/cursodesastres/diplomado/pdf/ReduccionDeRiesgos.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos-SNGR, (2012). *Propuestas metodológica para el análisis de la vulnerabilidad a nivel municipal*. Quito, Ecuador: AH/Editorial.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional.
- Roa, J. (2007). Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: Cuenca del río Mocotíes, estado Mérida Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 48 (2), 183-219.
- Saborio, J. (2003). Estudio del riesgo integral en la cuenca del Río Savegre. ICE Proyectos y servicios asociados. Disponible en: <http://www2.inbio.ac.cr/araucaria/riesgo.pdf>
- Salgado, R. (2005). *Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. (Tesis de Maestría). Turrialba, Costa Rica.
- Sampaio, E. (2006). *Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da serra do mar paulista, na escala de 1:10.000*. (Tesis de Doctorado). Universidad Estadual Paulista, Sao Paulo, Brasil.
- Secretaría de Gestión de Riesgos (SNGR). (2010). Guía comunitaria de gestión de riesgos. Recuperado de <http://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec/items/show/51>. Recuperado el 5 de septiembre de 2017.
- Senisterra G., Gaspari F., y Delgado M.(2015). Zonificación de la vulnerabilidad ambiental en una cuenca serrana rural, Argentina. *Revista Estudios ambientales*, 3(1), 38-58.
- Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SNPMAD) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2002. *Gestión local del riesgo, un camino hacia el desarrollo municipal*. Nicaragua: Primera edición.
- Tobón, C., et al. (2009). *Physical and hydraulic properties of tropical montane cloud forest soils and their changes after conversion to pasture*. Proceedings of the Second International Symposium: Science for Conserving and Managing Tropical Montane Cloud Forests, Waimea, Hawaii, July 27 – August 1, 2004.
- Urbani, F. (2000). Consideraciones geológicas de la catástrofe del estado Vargas de

diciembre de 1999. *En: Memorias del XVI Seminario Venezolano de Geotecnia: Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI, la experiencia para proyectos del futuro*, Caracas, Venezuela.

Valdivia, C. (2008). Estudios de vulnerabilidad sobre el fondo habitacional. *Arquitectura y Urbanismo*, 29(2/3), 68-72.

Varnes, D. (1978). Slope movements types processes. Recuperado de http://www.geology.cz/projekt681900/vyukove-materialy/2_Varnes_landslide_classification.pdf, el 15/08/2017.

Vera, J., y Albarracín, A. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 106-127.

Villegas, E. (2015). La armonización territorial: Su incorporación en la planificación y gestión administrativa mediante la gestión del riesgo. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*. 8 (16), 149-165. doi: 10.114/Javeriana.cvu8.16.qtip

Wilches, G. (1993) “La Vulnerabilidad Global”. En Maskrey, A. (Ed.) *Los Desastres no Son Naturales*. Colombia: La Red. Tercer Mundo Editores.

Yépez, K. (2011). *Plan de gestión de riesgos ocasionados por fenómenos naturales como estrategia de adaptación al cambio climático en la microcuenca de los Ríos Puyo y Pambay. (Tesis de Grado)*. Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.

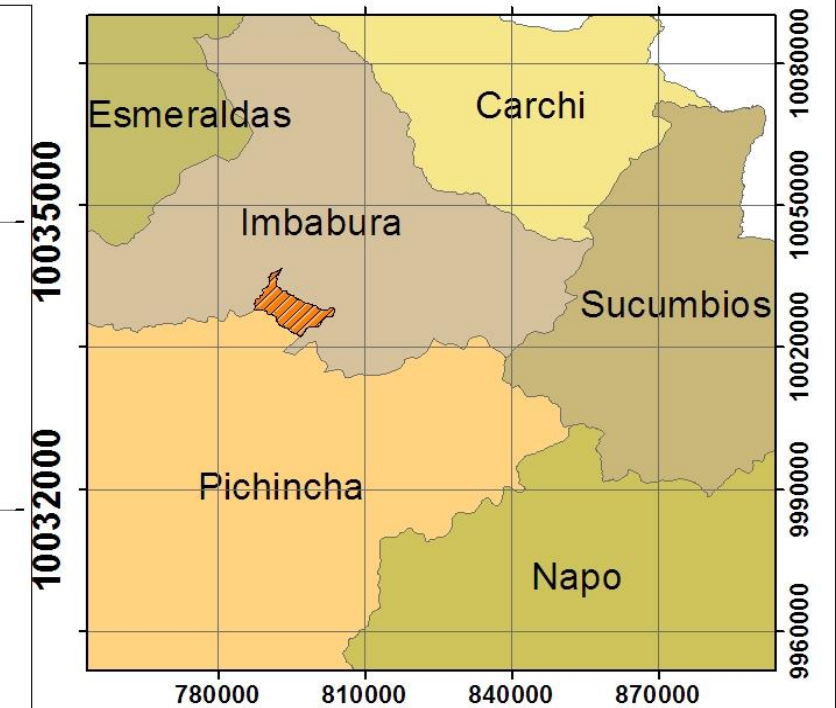
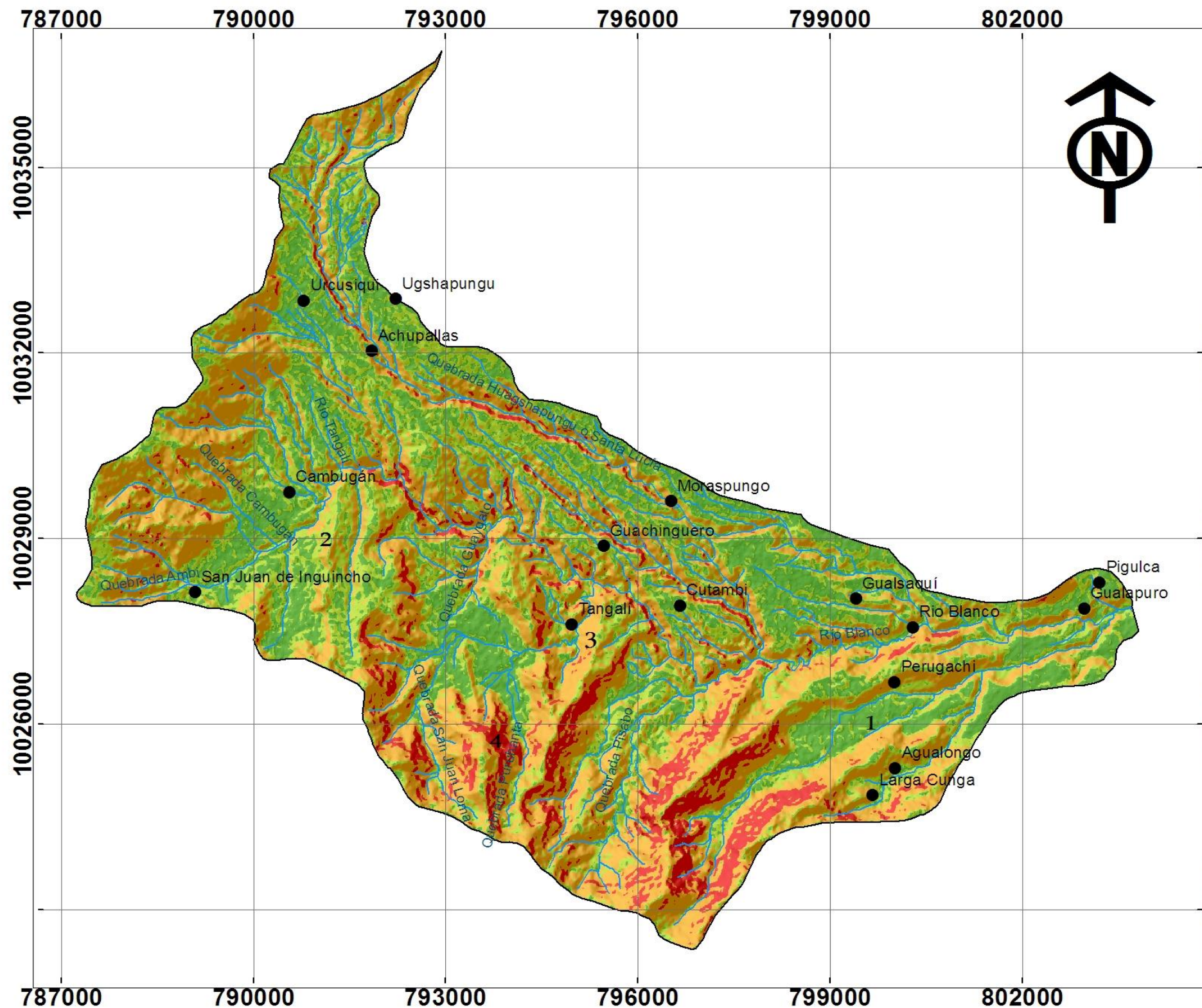
ANEXOS

ANEXO 1.

MAPAS

MAPA DE PENDIENTES-CUENCA DEL RÍO BLANCO

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



LEYENDA

SÍMBOLO	RANGO(°)	PENDIENTE
1	0 - 7	PLANO
2	7 - 15	ONDULADO
3	15 - 35	MONTAÑOSO
4	35 - 77	ESCARPADO

OTROS SIMBOLOS

●	POBLADOS
—	RÍOS Y QUEBRADAS
□	LÍMITE CUENCA

ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros
COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

ESCALA DE TRABAJO: 1:25000
ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:
MAPA DE PENDIENTES-CUENCA DEL RÍO BLANCO

ELABORADO POR:
MARTHA MUENALA

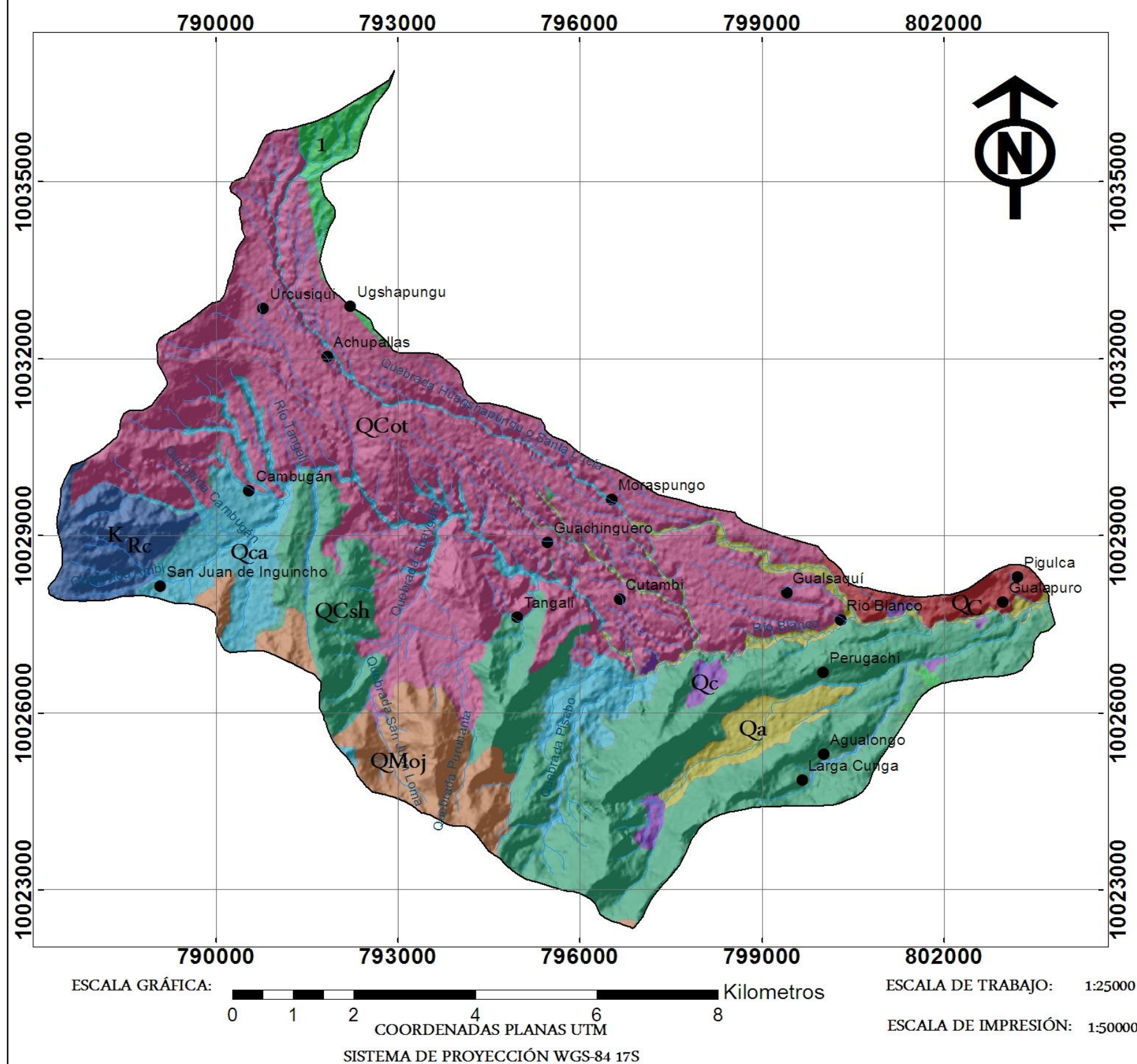
TUTOR:
MSC. GUILLERMO BELTRÁN

MAPA: 1/12

FECHA:
OCTUBRE, 2017

FUENTE:
IGM, IEE, SATÉLITE ALOS PALSAR

MAPA DE FORMACIONES GEOLÓGICAS-LITOLOGÍA-CUENCA DEL RÍO BLANCO



LEYENDA

SIMBOLOGÍA F.GEOLÓGICA Y LITOLOGÍA

Q Cot	VOLCANICOS COTACACHI Flujos piroclásticos, depósitos de caída, lapilli, ceniza y líticos. Pómez blanca amarillenta
QCsh	VOLCANICOS CUSHNIRUMI Lavas de composición andesítica, depósitos piroclásticos, domos dacíticos.
Q Moj	VOLCANICOS MOJANDA Lavas andesíticas a dacíticas.
K _{Rc}	UNIDAD RÍO CALA Lava andesítica verdosa con presencia de sulfuros.
Qa	DEPÓSITOS ALUVIALES Depósitos de clastos, gravas, arenas en matriz areno-arcilloso.
Qc	DEPÓSITOS COLUVIALES Depósitos de detritos angulosos de material andesítico e intrusivos dispuestos en matriz areno arcilloso.
Qca	DEPÓSITOS COLUVIO ALUVIALES Fragmentos de roca angulares mal clasificados inmersos en una matriz arcillosa.
QC	FORMACIÓN CANGAHUA Depósito de toba volcánica y ceniza, en la base se encuentran piroclastos, pómez y lapilli.
1	NO APLICA

OTROS SIMBOLOS

●	POBLADOS
—	RÍOS Y QUEBRADAS
□	LÍMITE CUENCA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS



MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:

MAPA DE F. GEOLÓGICAS-LITOLOGÍA -CUENCA DEL RÍO BLANCO

ELABORADO POR:

MARTHA MUENALA

MAPA: 2/12

TUTOR:

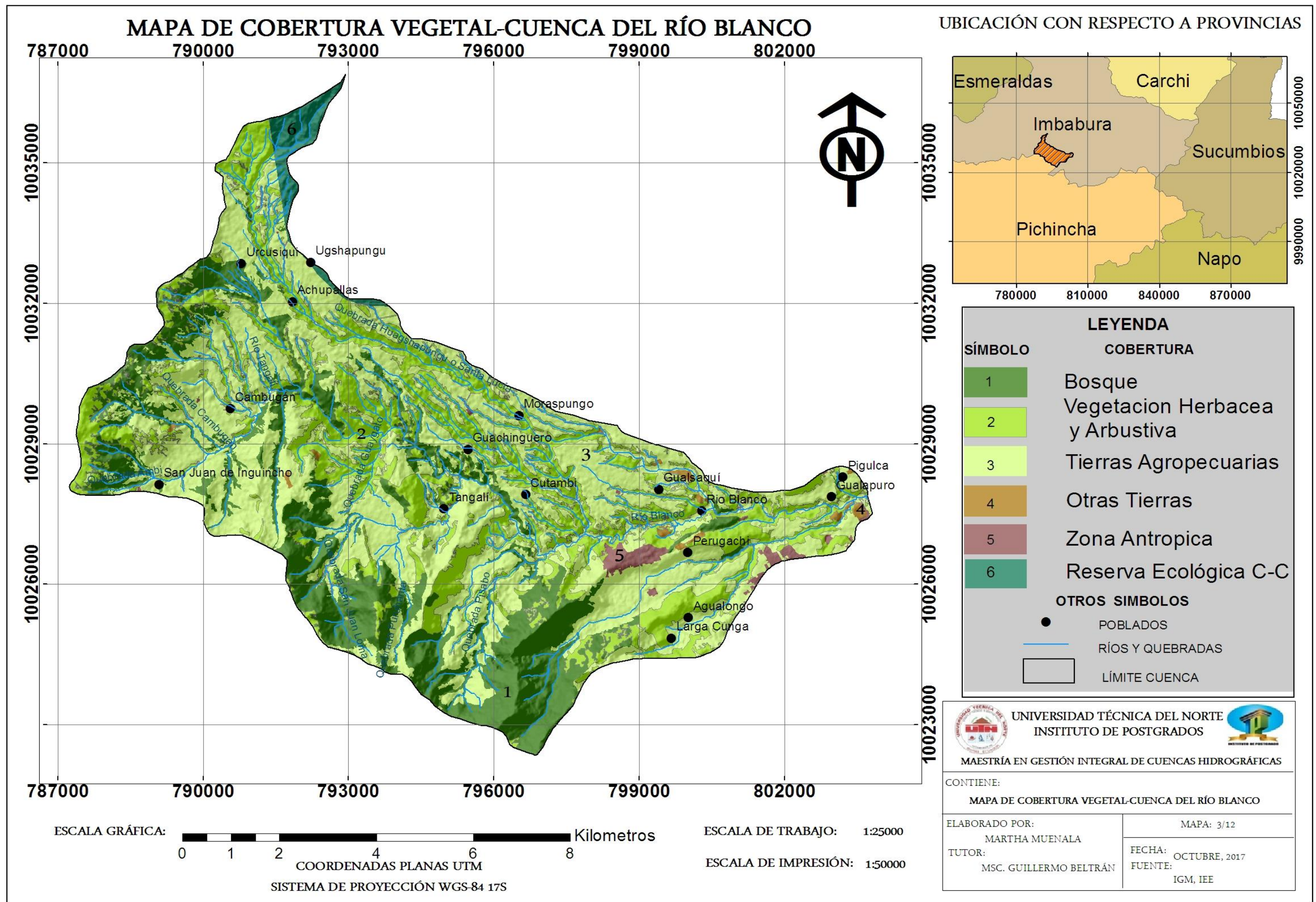
MSC. GUILLERMO BELTRÁN

FECHA:

OCTUBRE, 2017

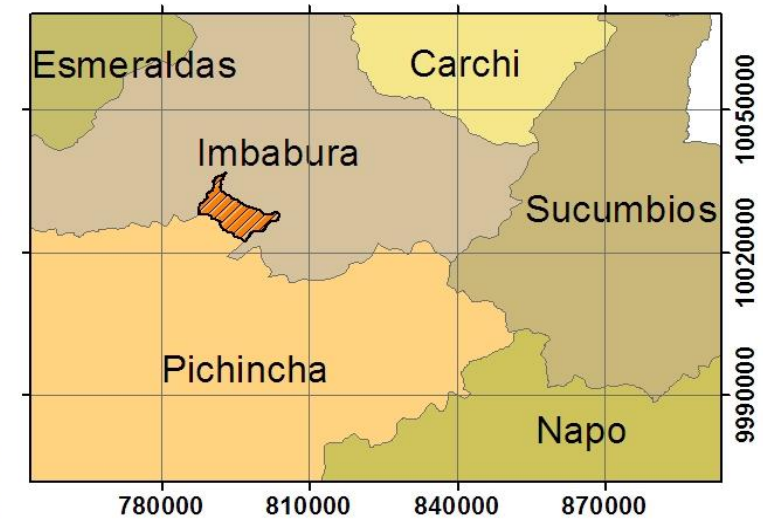
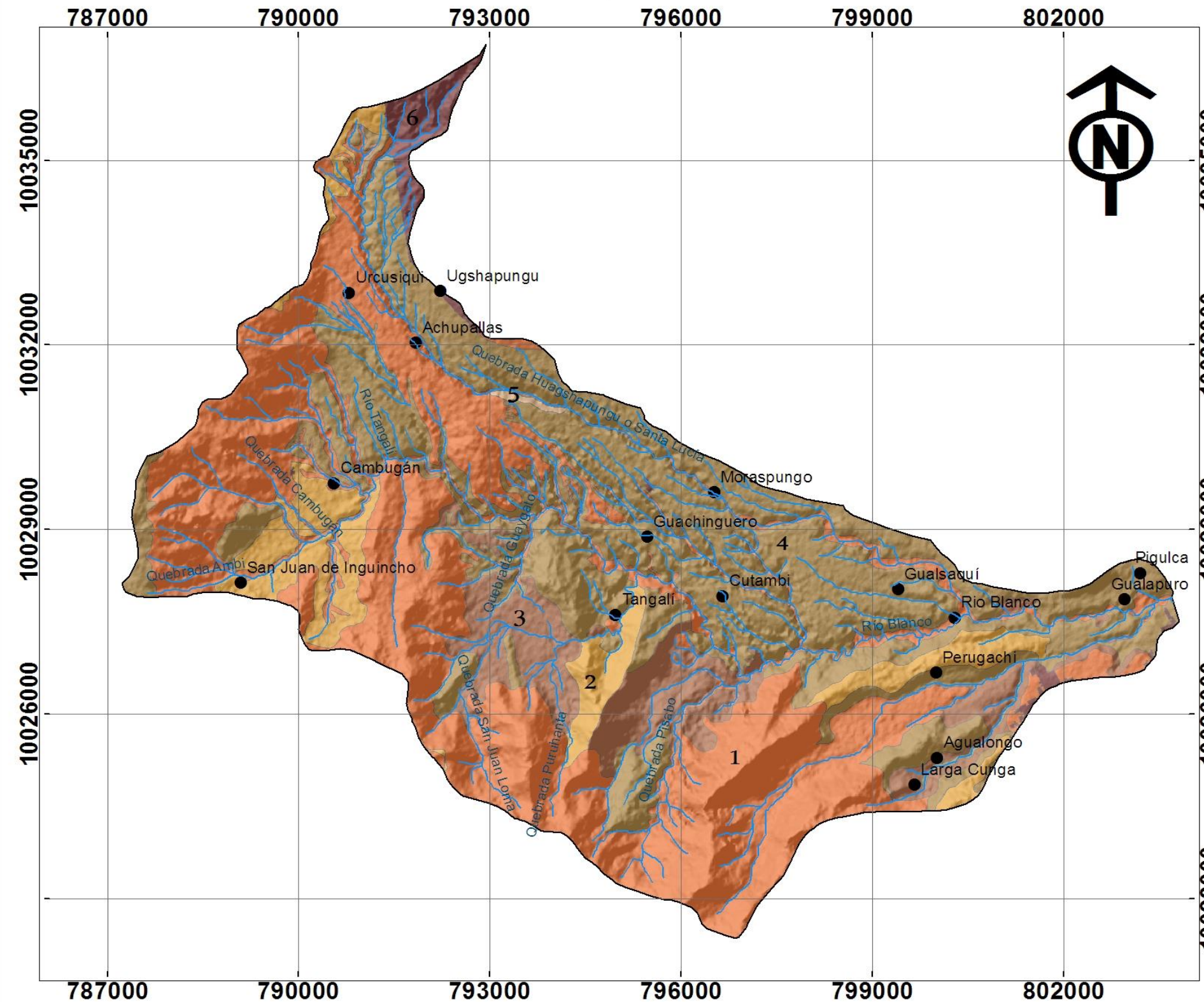
FUENTE:

IGM, IEE



MAPA DE TEXTURA-SUELOS, CUENCA DEL RÍO BLANCO

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



LEYENDA	
SÍMBOLO	TEXTURA
1	FRANCO
2	FRANCO ARCILLO-ARENOSO
3	FRANCO ARCILLOSO
4	FRANCO ARENOSO
5	ARCILLO_ARENOSO
6	NO APLICA
OTROS SIMBOLOS	
●	POBLADOS
—	RÍOS Y QUEBRADAS
□	LÍMITE CUENCA

ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros

ESCALA DE TRABAJO: 1:25000

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:

MAPA DE TEXTURA-SUELO CUENCA DEL RÍO BLANCO

ELABORADO POR: MARTHA MUENALA

TUTOR: MSC. GUILLERMO BELTRÁN

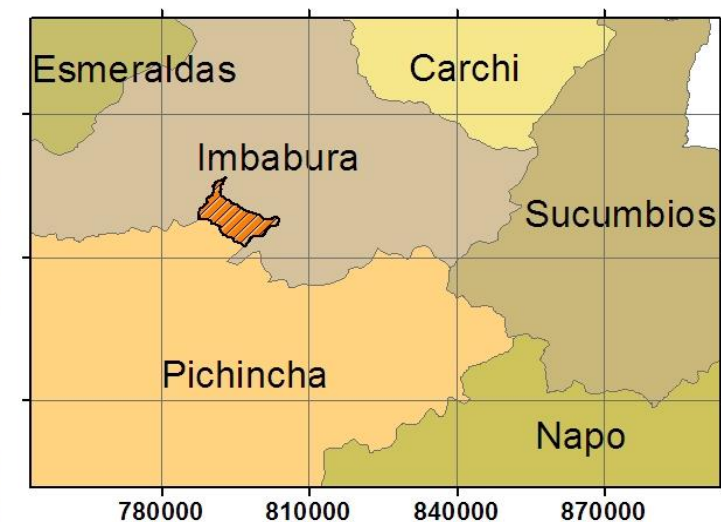
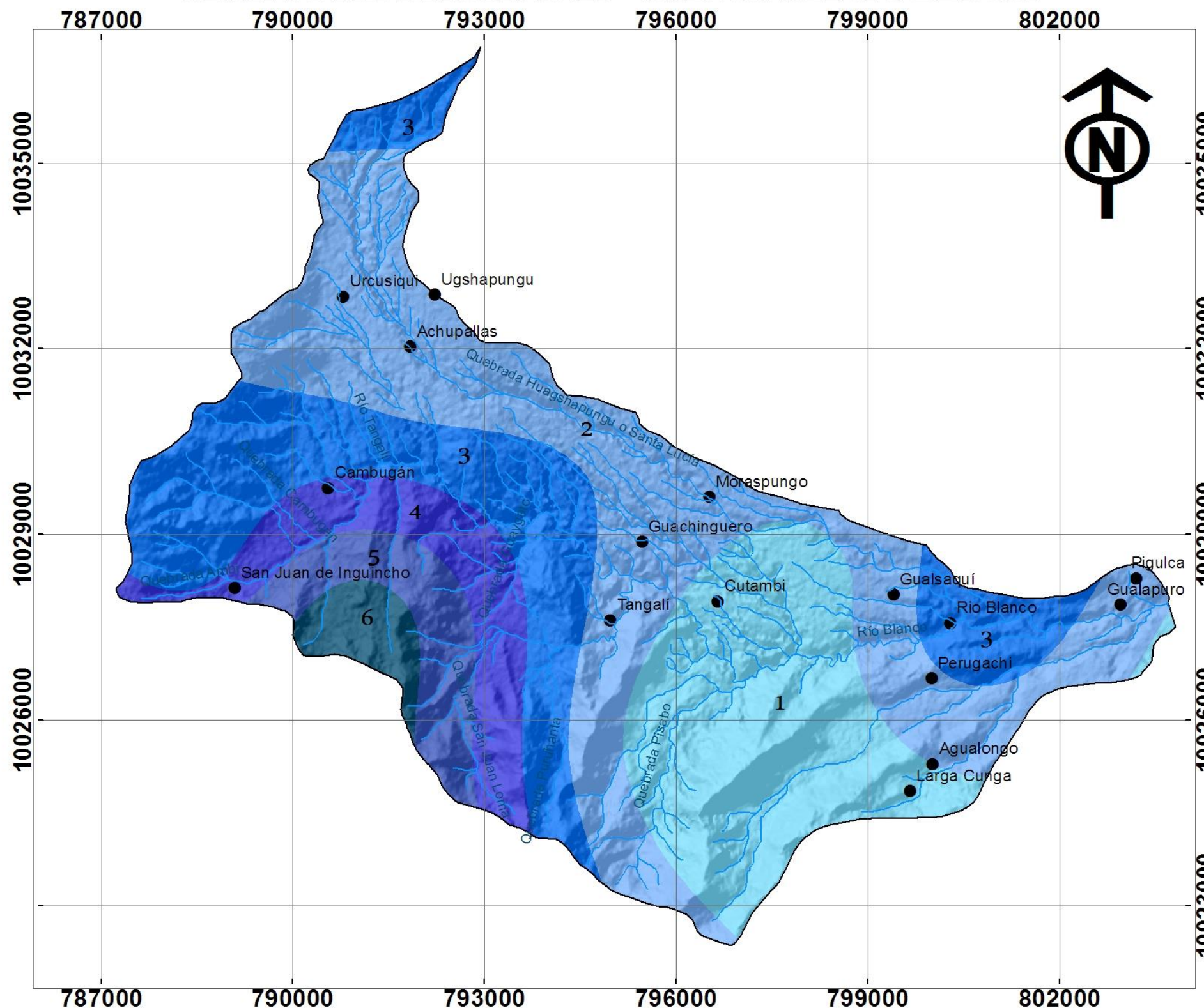
MAPA: 4/12

FECHA: OCTUBRE, 2017

FUENTE: IGM, IEE

MAPA DE PRECIPITACIONES - CUENCA DEL RÍO BLANCO

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros

ESCALA DE TRABAJO: 1:50000

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

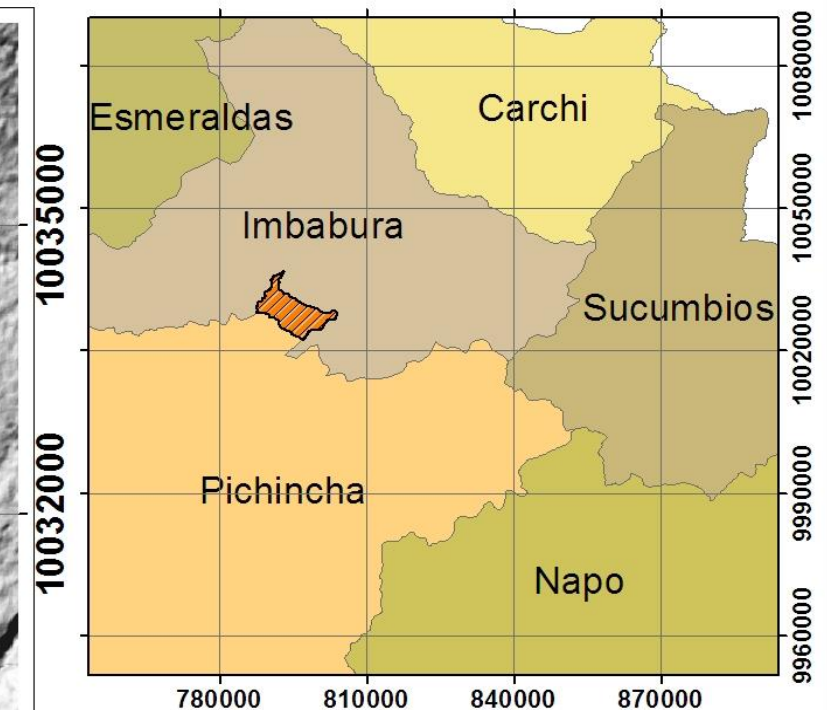
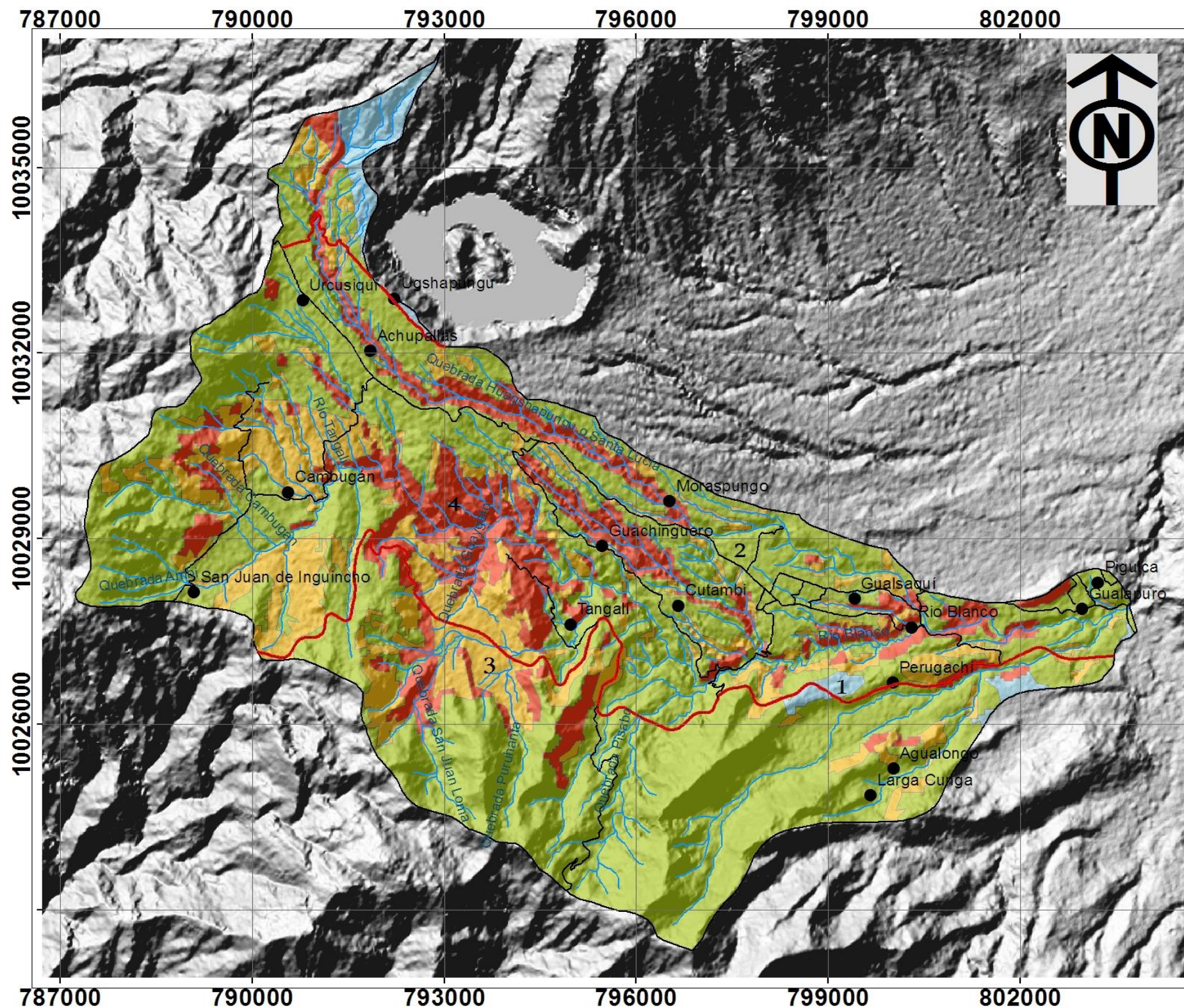
CONTIENE:

MAPA DE PRECIPITACIONES-CUENCA DEL RÍO BLANCO

<p>ELABORADO POR: MARTHA MUENALA</p> <p>TUTOR: MSC. GUILLERMO BELTRÁN</p>	<p>MAPA: 5/12</p> <p>FECHA: OCTUBRE, 2017</p> <p>FUENTE: IGM, IEE</p>
---	---

CUENCA DEL RIO BLANCO-MAPA DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



LEYENDA			
SÍMBOLO	AMENAZA	ÁREA(HA)	%
1	NO APLICA	210.5	2.37
2	BAJA	5586.72	63.04
3	MEDIA	1625.93	18.35
4	ALTA	1438.97	16.24
TOTAL		8862.12	100.00
OTROS SÍMBOLOS			
●	POBLADOS		
—	VÍAS PRIMER ORDEN		
—	VÍAS SEGUNDO Y TERCER ORDEN		
—	RÍOS Y QUEBRADAS		
□	LÍMITE CUENCA		

ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros

ESCALA DE TRABAJO: 1:25000

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS

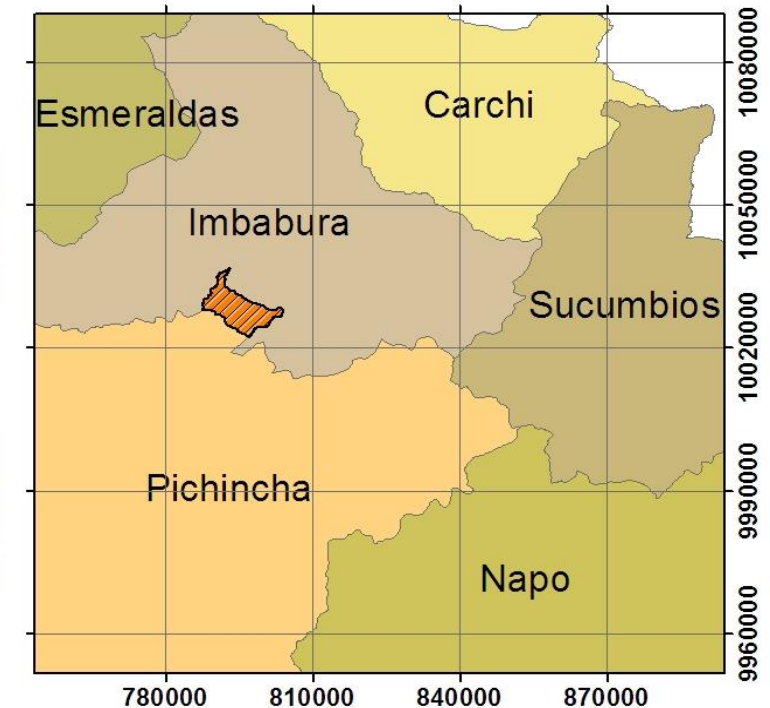
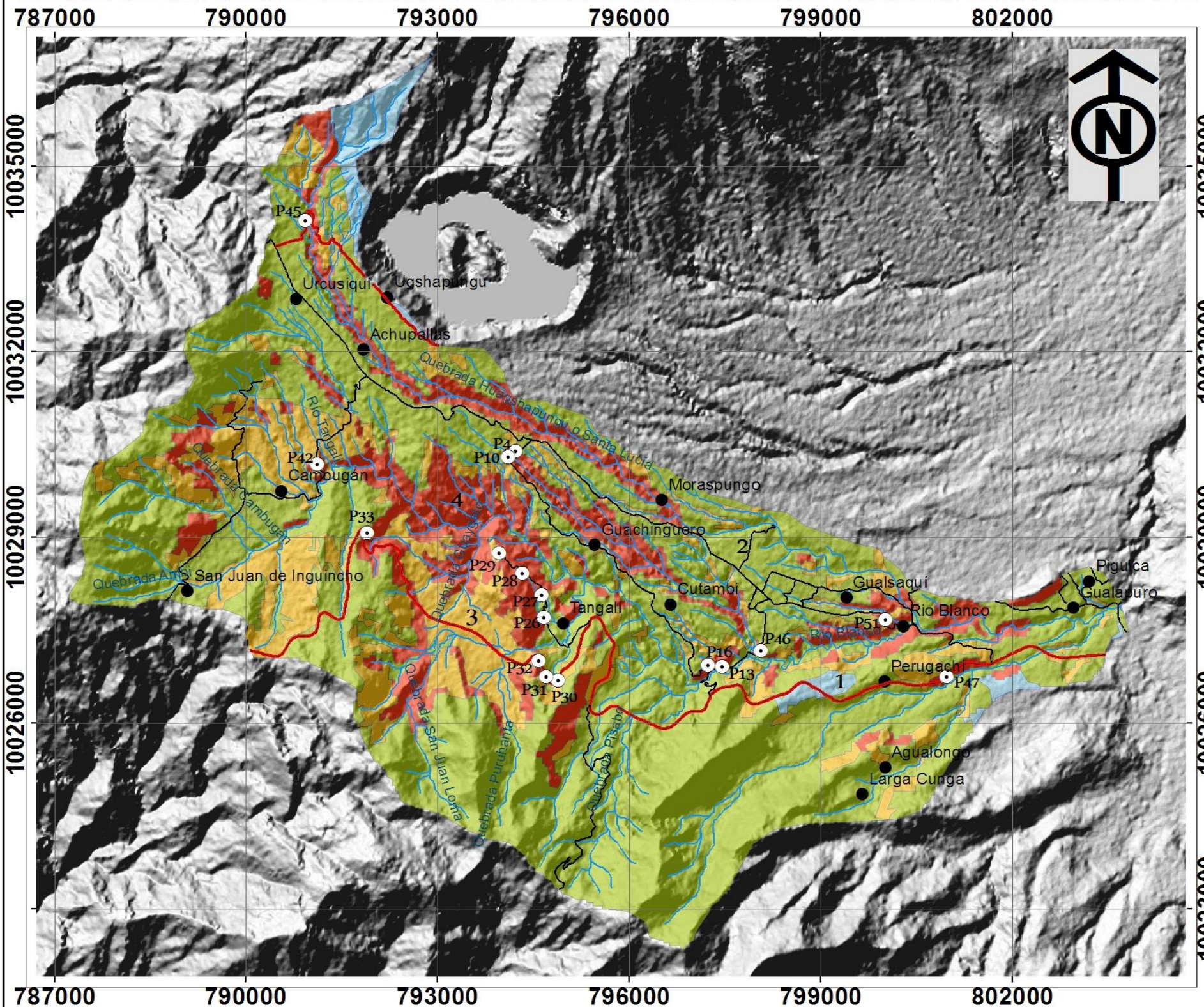
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:
MAPA DE AMENAZA DE DESLIZAMIENTOS-CUENCA DEL RÍO BLANCO

ELABORADO POR: MARTHA MUENALA	MAPA: 6/12
TUTOR: MSC. GUILLERMO BELTRÁN	FECHA: OCTUBRE 2017 FUENTE: IGM, IEE

CUENCA DEL RIO BLANCO-DESLIZAMIENTOS PRESENTES SOBRE MAPA DE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



LEYENDA			
SÍMBOLO	AMENAZA	ÁREA(HA)	%
1	NO APLICA	210.5	2.37
2	BAJA	5586.72	63.04
3	MEDIA	1625.93	18.35
4	ALTA	1438.97	16.24
TOTAL		8862.12	100.00
OTROS SÍMBOLOS			
○	DESLIZAMIENTOS		
●	POBLADOS		
—	VÍAS PRIMER ORDEN		
—	VÍAS SEGUNDO Y TERCER ORDEN		
—	RÍOS Y QUEBRADAS		
□	LÍMITE CUENCA		

ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros

ESCALA DE TRABAJO: 1:25000

COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS

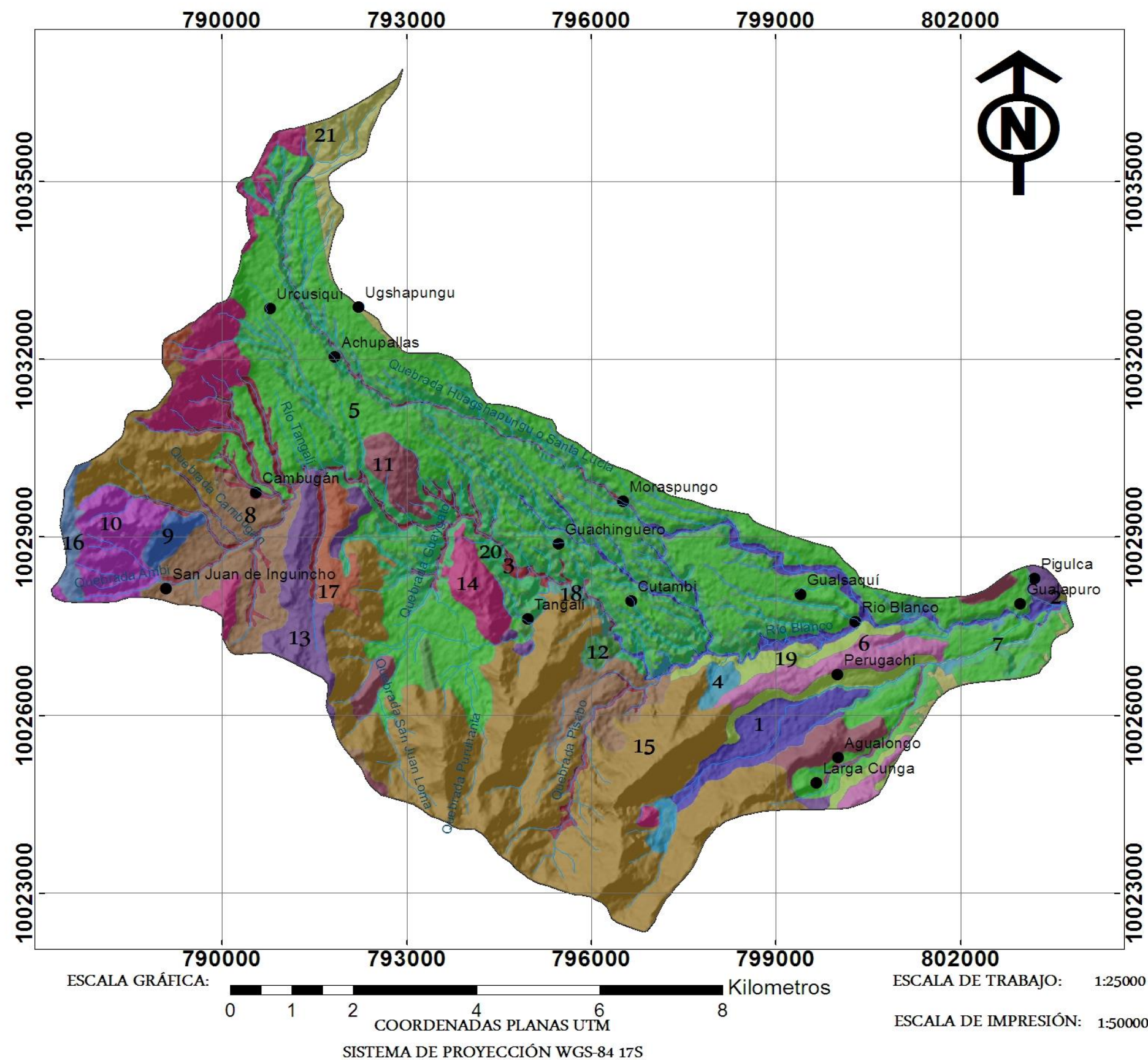
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:

DESLIZAMIENTOS PRESENTES SOBRE MAPA DE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS-CUENCA DEL RÍO BLANCO

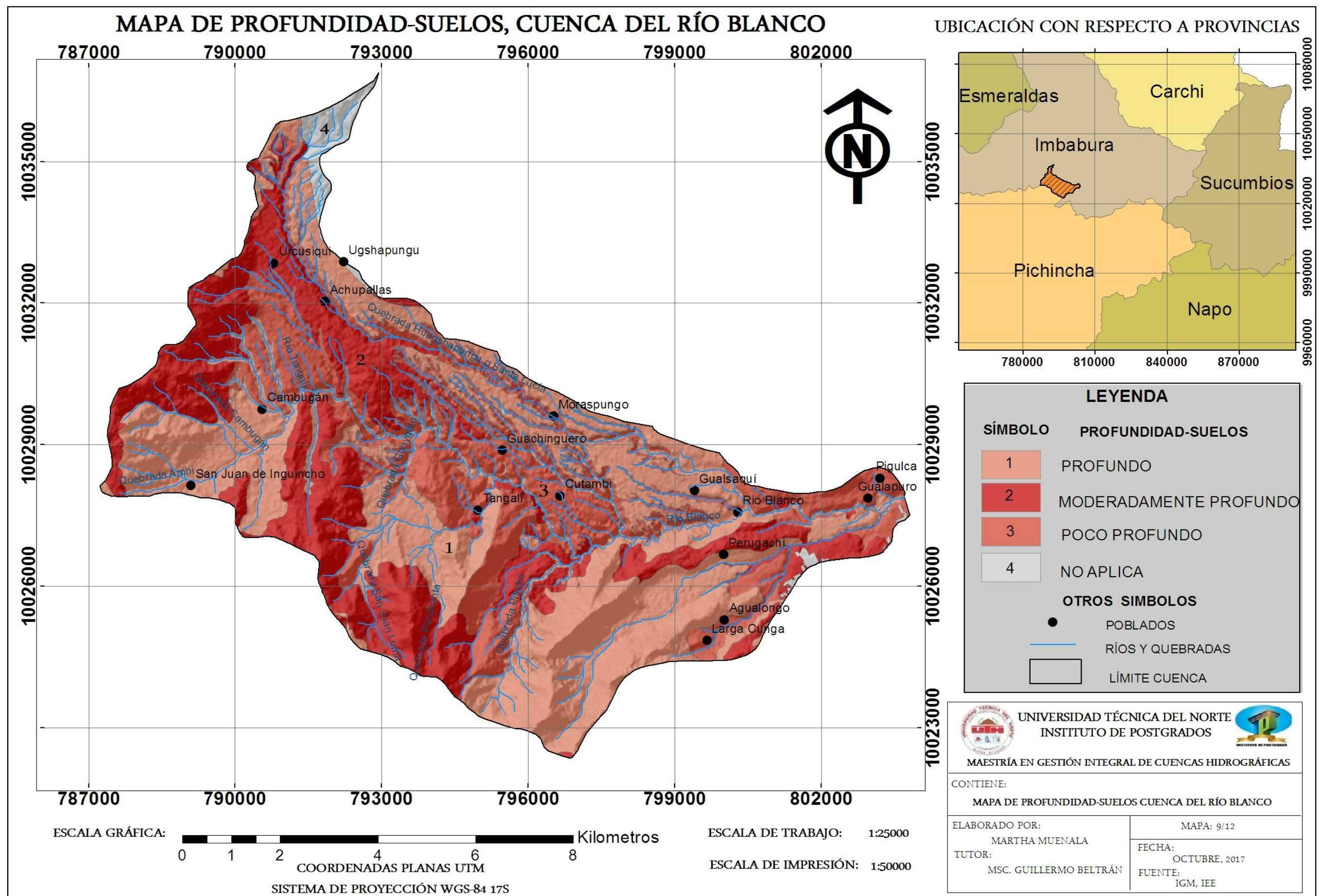
ELABORADO POR: MARTHA MUENALA	MAPA: 7/12
TUTOR: MSC. GUILLERMO BELTRÁN	FECHA: NOVIEMBRE
	FUENTE: IGM, IEE

MAPA GEOMORFOLÓGICO-CUENCA DEL RÍO BLANCO



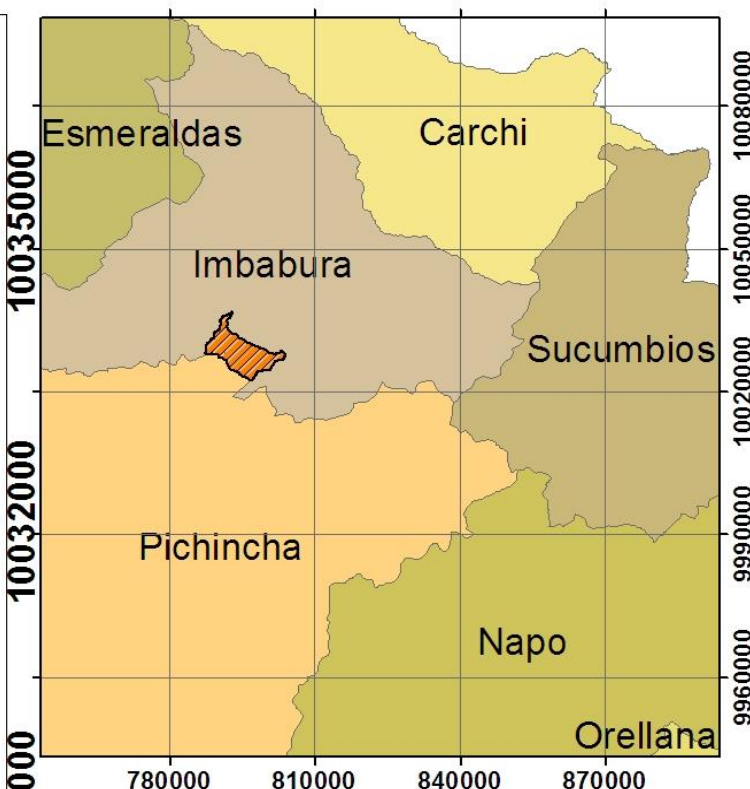
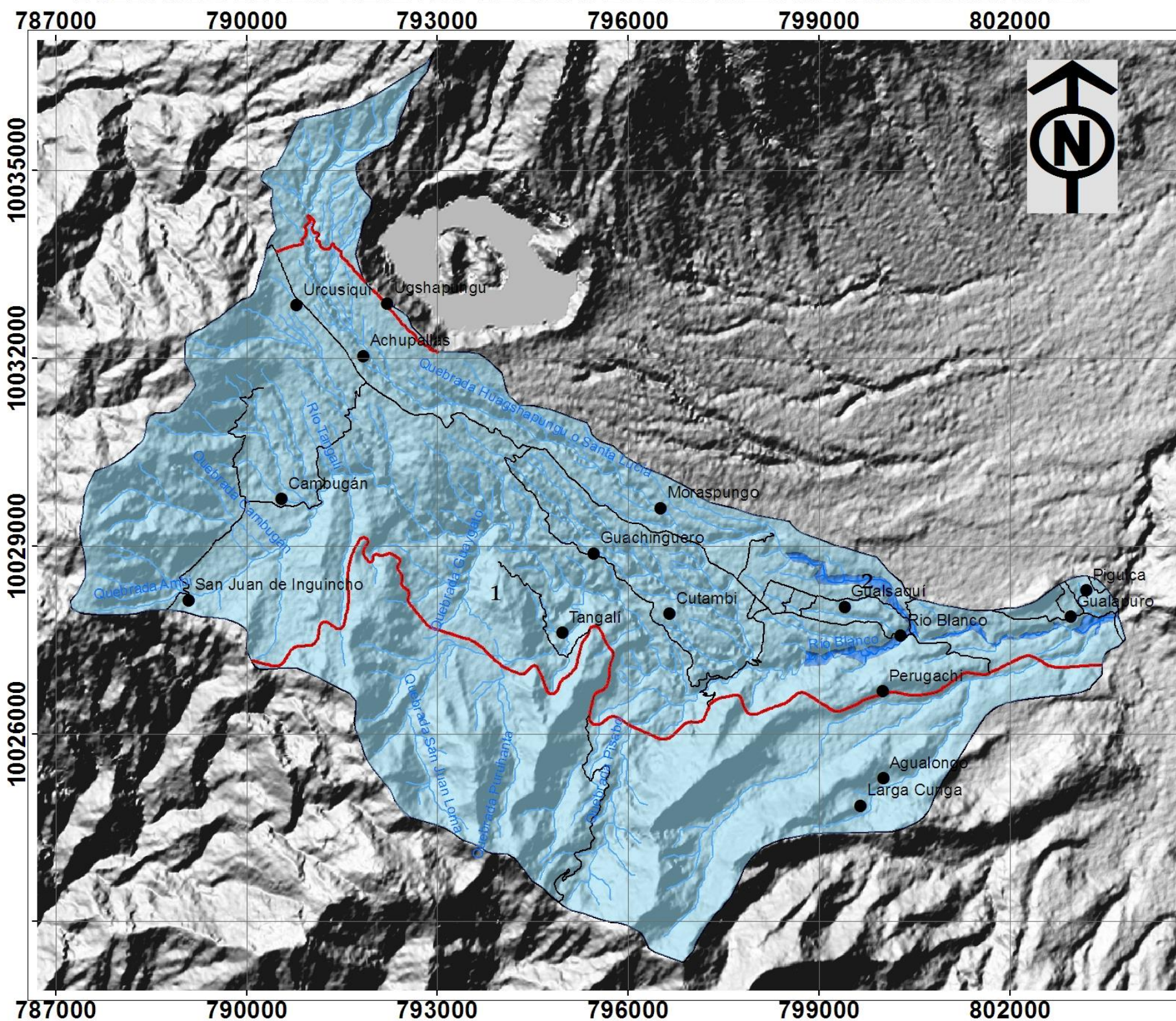
LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA
1	VALLE FLUVIAL
2	TERRAZA MEDIA
3	COLUVIO ALUVIAL ANTIGUO
4	COLUVION ANTIGUO
5	FLUJO DE PIROCLASTOS
6	FLUJOS DE LAVA
7	GARGANTA
8	GLACIS DE ESPARCIMIENTO
9	RELIEVE COLINADO MUY ALTO
10	RELIEVE MONTAÑOSO
11	RELIEVE VOLCANICO COLINADO ALTO
12	RELIEVE VOLCANICO COLINADO BAJO
13	RELIEVE VOLCANICO COLINADO MEDIO
14	RELIEVE VOLCANICO COLINADO MUY ALTO
15	RELIEVE VOLCANICO MONTAÑOSO
16	SUPERFICIE ONDULADA
17	SUPERFICIE VOLCANICA ONDULADA
18	VERTIENTE ABRUPTA
19	VERTIENTE DE FLUJO DE LAVA
20	VERTIENTE DE FLUJO DE PIROCLASTOS
21	NO APLICA
OTROS SIMBOLOS	
●	POBLADOS
—	RÍOS Y QUEBRADAS
□	LÍMITE CUENCA

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSTGRADOS		
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS		
CONTIENE: MAPA DE GEOMORFOLOGÍA -CUENCA DEL RÍO BLANCO		
ELABORADO POR: MARTHA MUENALA	MAPA: 8/12	
TUTOR: MSC. GUILLERMO BELTRÁN	FECHA: OCTUBRE, 2017	
	FUENTE: IGM, IEE	



CUENCA DEL RÍO BLANCO-MAPA DE AMENAZA DE INUNDACIONES

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



LEYENDA			
SÍMBOLO	AMENAZA	ÁREA(HA)	%
1	NULA	8773.41	1
2	BAJA	88.71	99
TOTAL		8862.12	100
OTROS SIMBOLOS			
●	POBLADOS		
—	VÍAS PRIMER ORDEN		
—	VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN		
—	RÍOS Y QUEBRADAS		
□	LÍMITE CUENCA		

ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros

ESCALA DE TRABAJO: 1:25000

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:
MAPA DE AMENAZA DE INUNDACIONES-CUENCA DEL RÍO BLANCO

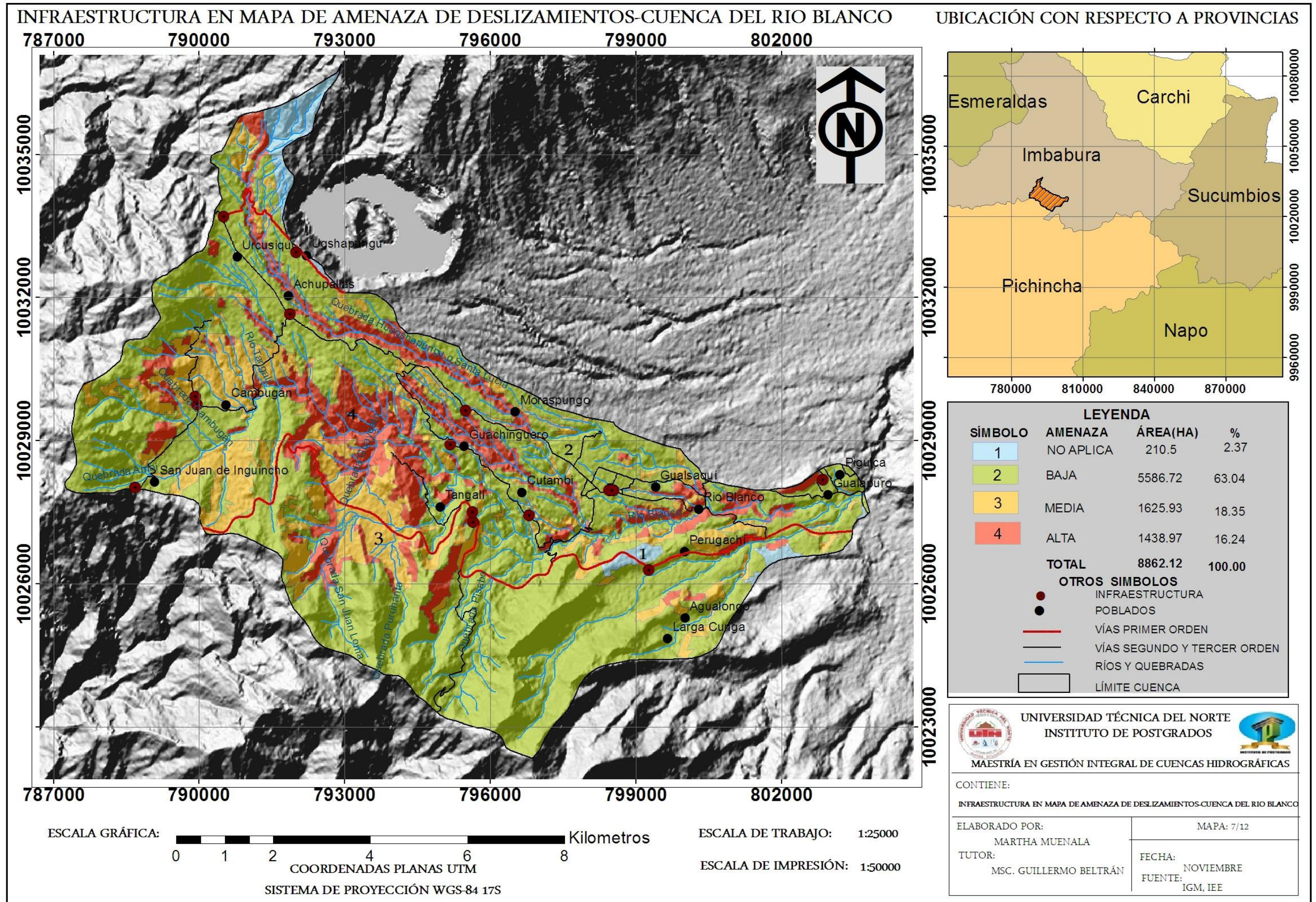
ELABORADO POR:
MARTHA MUENALA

TUTOR:
MSC. GUILLERMO BELTRÁN

MAPA: 10/12

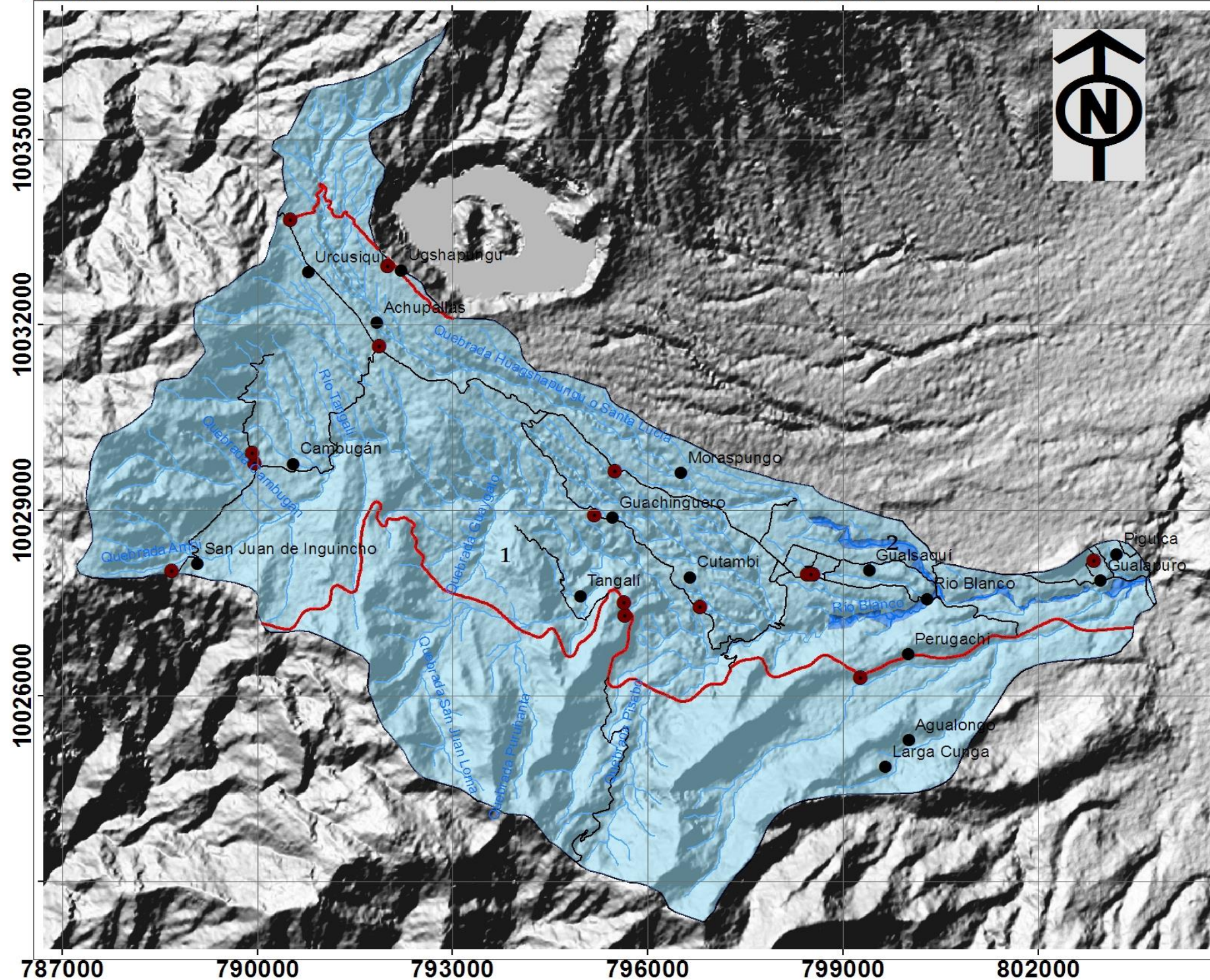
FECHA: OCTUBRE, 2017

FUENTE: IGM, IEE



INFRAESTRUCTURA EN MAPA DE AMENAZA DE INUNDACIONES-CUENCA DEL RÍO BLANCO

787000 790000 793000 796000 799000 802000



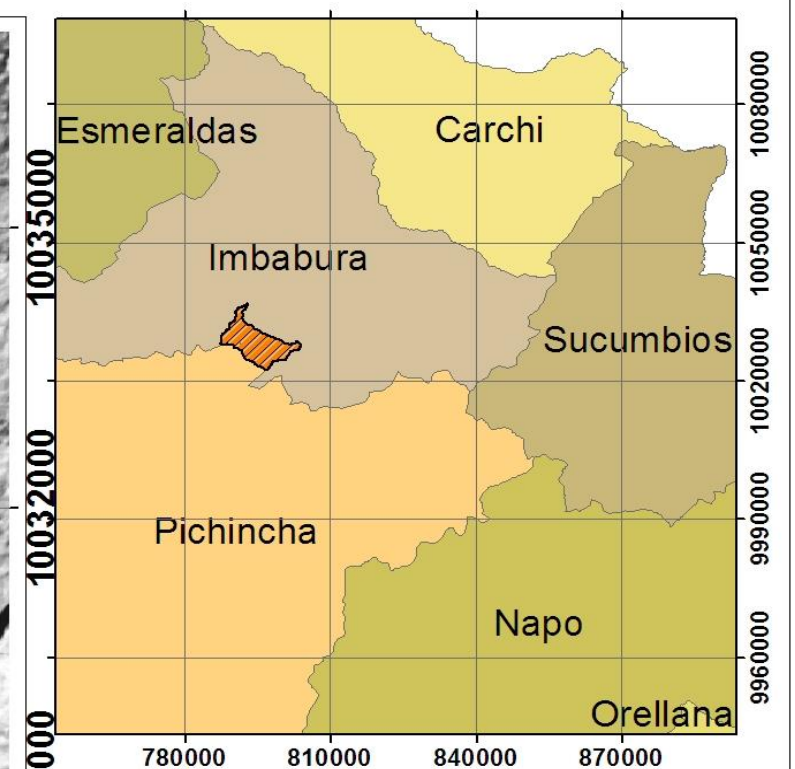
ESCALA GRÁFICA: 0 1 2 4 6 8 Kilometros

COORDENADAS PLANAS UTM
SISTEMA DE PROYECCIÓN WGS-84 17S

ESCALA DE TRABAJO: 1:25000

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50000

UBICACIÓN CON RESPECTO A PROVINCIAS



LEYENDA			
SÍMBOLO	AMENAZA	ÁREA(HA)	%
1	NULA	8773.41	1
2	BAJA	88.71	99
TOTAL		8862.12	100
OTROS SÍMBOLOS			
●	INFRAESTRUCTURA		
●	POBLADOS		
—	VÍAS PRIMER ORDEN		
—	VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN		
—	RÍOS Y QUEBRADAS		
□	LÍMITE CUENCA		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

CONTIENE:
INFRAESTRUCTURA EN MAPA DE AMENAZA DE INUNDACIONES-CUENCA DEL RÍO BLANCO

ELABORADO POR: MARTHA MUENALA	MAPA: 12/12
TUTOR: MSC. GUILLERMO BELTRÁN	FECHA: OCTUBRE, 2017
	FUENTE: IGM, IEE

ANEXO 2.

FICHAS Y

REGISTROS DE

CAMPO

Anexo 2.1. Ficha de Campo- Inventario de deslizamientos

1.- REGISTRO DE OBSERVACIÓN	2.-LOCALIZACIÓN (UTM-WGS 84 17S)	3.-UBICACIÓN POLÍTICO- ADMINISTRATIVA
CÓDIGO: FECHA DE REGISTRO:	COOD X: COOD Y:	PROVINCIA: CANTÓN: PARROQUIA: SECTOR:

4.-CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO/DESLIZAMIENTO EXISTENTE		
MATERIAL <input type="checkbox"/> ROCA <input type="checkbox"/> DETRITOS <input type="checkbox"/> SUELO <input type="checkbox"/> MIXTO	MAGINTUD <input type="checkbox"/> GRANDE <input type="checkbox"/> MEDIANA <input type="checkbox"/> PEQUEÑA	EXISTE MEDIDAS DE CONTROL <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO TIPO:

5.-COBERTURA VEGETAL	6.- PENDIENTES	8.- OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/> ARBOREA/BOSQUE <input type="checkbox"/> ARBUSTIVA <input type="checkbox"/> HERBÁCEA <input type="checkbox"/> CULTIVOS DE CICLO CORTO <input type="checkbox"/> CULTIVOS PERMANENTES <input type="checkbox"/> ERIALES OTROS:	<input type="checkbox"/> PLANO/SUAVE <input type="checkbox"/> ONDULADO/MEDIO <input type="checkbox"/> MONTAÑOSO/FUERTE <input type="checkbox"/> ONDULADO/MUY FUERTE	

9.-REGISTRO FOTOGRÁFICO

Anexo 2.2.- Coordenadas de los registros de deslizamientos presentes en la cuenca

N° de Punto	Localización Geográfica		Sector	Magnitud
	Cood. X	Cood. Y		
1	794270.66	10030422.34	Vía Guachinguero	Mediana
2	794191.02	10030451.66	Vía Guachinguero	Mediana
3	794212.00	10030423.00	Vía Guachinguero	Mediana
4	794228.00	10030391.00	Vía Guachinguero	Mediana
5	794114.00	10030398.00	Vía Guachinguero	Mediana
6	794102.00	10030407.00	Vía Guachinguero	Mediana
7	794073.00	10030384.00	Vía Guachinguero	Mediana
8	794087.00	10030347.00	Vía Guachinguero	Mediana
9	794098.58	10030311.38	Vía Guachinguero	Pequeña
10	794107.89	10030303.18	Vía Guachinguero	Pequeña
11	797169.79	10026663.05	Entrada a Cutambi	Pequeña
12	797180.82	10026729.14	Río Blanco-Puente Cutambi	Grande
13	797465.08	10026913.03	Cutambi	Medio
14	797335.31	10026901.52	Cutambi	Medio
15	797250.49	10026986.95	Cutambi	Grande
16	797235.61	10026935.05	Cutambi	Grande
17	797223.43	10026878.62	Cutambi	Grande
18	797190.74	10026869.72	Cutambi	Grande
19	797151.12	10026863.71	Cutambi	Grande
20	797121.24	10026818.98	Cutambi	Medio
21	797132.82	10026804.45	Cutambi	Medio
22	797110.78	10026774.41	Cutambi	Medio
23	797103.25	10026750.02	Cutambi	Medio
24	798398.98	10026452.05	Perugachi	Pequeña
25	795065.18	10027254.11	Tangali-Guashaloma	Pequeña
26	794674.83	10027790.24	Tangali-Guashaloma	Grande
27	794640.82	10028069.43	Tangali-Guashaloma	Medio
28	794334.05	10028418.75	Tangali-Guashaloma	Medio
29	793974.55	10028745.99	Tangali-Guashaloma	Pequeña
30	794895.75	10026695.38	Tangali-Guashaloma	Medio
31	794701.51	10026746.78	Tangali-Guashaloma	Medio
32	794592.55	10027008.11	Tangali-Guashaloma	Grande
33	791901.71	10029075.39	Vía Ingincho	Pequeña
34	790206.50	10027129.06	Vía Ingincho	Pequeña
35	789354.87	10029342.36	Ingincho	Grande
36	791159.66	10029930.61	Vía Achupallas	Mediana
37	791181.01	10029956.10	Vía Achupallas	Pequeña
38	791214.91	10029987.85	Vía Achupallas	Pequeña

39	791229.85	10030007.34	Vía Achupallas	Pequeña
40	791229.42	10030031.84	Vía Achupallas	Pequeña
41	791210.84	10030047.28	Vía Achupallas	Pequeña
42	791118.16	10030180.53	Vía Achupallas	Mediana
43	791128.93	10030181.48	Vía Achupallas	Pequeña
44	790916.68	10034119.77	Vía Urcusiqui	Mediana
45	790937.89	10034117.57	Vía Urcusiqui	Pequeña
46	798072.51	10027172.43	Vía Moraspungo	Pequeña
47	800976.77	10026753.25	Vía a Gualsaqui	Mediana
48	801670.71	10026996.24	Vía a Gualsaqui	Pequeña
49	800153.12	10027588.08	Vía a Gualsaqui	Grande
50	800133.56	10027536.85	Vía a Gualsaqui	Grande
51	800019.18	10027666.65	Vía a Gualsaqui	Mediana
52	800759.11	10027768.44	Taludes Río Blanco-Gualsaqui	Pequeña
53	801219.55	10027482.83	Taludes Río Blanco-Gualsaqui	Pequeña
54	801224.36	10027471.83	Taludes Río Blanco-Gualsaqui	Grande
55	801299.40	10027560.69	Taludes Río Blanco-Gualsaqui	Pequeña
56	801126.57	10027921.79	Taludes Río Blanco-Gualsaqui	Pequeña
57	802772.71	10028170.87	Vía Gualapuro	Pequeña

**Anexo 2.3. Coordenadas de los registros de deslizamientos representados sobre el
Mapa de Amenazas de Deslizamientos**

N° de Punto	Localización Geográfica		Sector	Magnitud
	Coord. X	Coord. Y		
4	794228.00	10030391.00	Vía Guachinguero	Mediana
10	794107.89	10030303.18	Vía Guachinguero	Pequeña
13	797465.08	10026913.03	Cutambi	Medio
16	797235.61	10026935.05	Cutambi	Grande
26	794674.83	10027790.24	Tangali-Guashaloma	Grande
27	794640.82	10028069.43	Tangali-Guashaloma	Medio
28	794334.05	10028418.75	Tangali-Guashaloma	Medio
29	793974.55	10028745.99	Tangali-Guashaloma	Pequeña
30	794895.75	10026695.38	Tangali-Guashaloma	Medio
31	794701.51	10026746.78	Tangali-Guashaloma	Medio
32	794592.55	10027008.11	Tangali-Guashaloma	Grande
33	791901.71	10029075.39	Vía Ingincho	Pequeña
42	791118.16	10030180.53	Vía Achupallas	Mediana
45	790937.89	10034117.57	Vía Urcusiqui	Pequeña
46	798072.51	10027172.43	Vía Moraspungo	Pequeña
47	800976.77	10026753.25	Vía a Gualsaqui	Mediana
51	800019.18	10027666.65	Vía a Gualsaqui	Mediana

ANEXO 3.

REGISTROS

FOTOGRAFÍCOS



Foto 1.- Deslizamiento en la vía a Guachinguero-P 4



Foto 2.- Deslizamiento en la vía a Guachinguero-P 10



Foto 3.- Deslizamiento en la vía a Tangali Guashaloma-P 27



Foto 4.- Deslizamiento en la vía a Tangali Guashaloma-P 29



Foto 5.- Deslizamiento en la vía Otavalo-Selvalegre a la altura de Tangali –P 32



Foto 6.- Deslizamiento en la vía a Inguincho-P 33



Foto 7.- Deslizamiento en la vía Achupallas- 42



Foto 8.- Deslizamiento en la vía Moraspungo-P 46



Foto 9.- Deslizamiento en la vía Gualsaqui-P 51



Foto 10.- Parte baja de la cuenca, planices de inundación



Foto 11.- Parte baja de la cuenca, planices de Inundación Comunidad Río Blanco



Foto 12.- Vía de tercer orden sector Tangali-Guashaloma con socavaciones



Foto 13.- Socavaciones en la vía a Cutambí



Foto 14.- Construcciones típicas de la zona-Cutambí



Foto 15.- Construcciones típicas de la zona-Guachinguero

ANEXO 4.

ENTREVISTAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS



Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

GUIÓN DE ENTREVISTA (LÍDERES COMUNITARIOS)

Objetivo. - Recolectar información de las poblaciones de la cuenca del río Blanco, para determinar su vulnerabilidad ante amenazas/fenómenos naturales como deslizamientos e inundaciones.

Nombre del entrevistado:

Comunidad:

Fecha de entrevista:

- 1.- ¿La comunidad ha presenciado eventos de deslizamientos o inundaciones?
- 2.- ¿Con que frecuencia se presentan estos fenómenos?
- 3.- Describa los daños ocasionados por estos fenómenos sobre la comunidad (vías, viviendas, cultivos, etc.)
- 4.- ¿Existen instituciones y/u organizaciones que realizan algún tipo de actividad en la comunidad, relacionada a la gestión de riesgos? (Obras físicas, capacitaciones, otras.)
- 5.- ¿Tipo de servicio de salud existente en la comunidad?
- 6.- En caso de que no existiera algún tipo de servicio de salud en la comunidad, ¿Dónde son atendidos los problemas de salud de los miembros de la comunidad?
- 7.- ¿Con qué tipo de sistema de abastecimiento de agua cuenta la comunidad?
Describa los aspectos relevantes relacionados a este servicio.

8.- ¿La comunidad cuenta con servicio de alcantarillado?

9.- En el aspecto constructivo, ¿conoce si las viviendas existentes y que se levantan en la comunidad cuenta o se hacen con permisos de construcción emitidos por la municipalidad?

10.-Indique en orden de importancias los principales problemas y o necesidades de su comunidad que deben ser atendidos por parte de las entidades públicas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADOS



Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

GUIÓN DE ENTREVISTA (INSTITUCIONES)

Objetivo. - Recolectar información concerniente en cuanto a la gestión del territorio y gestión de riesgos para el trabajo de grado titulado: Vulnerabilidad ante amenazas de deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Blanco, provincia de Imbabura-Ecuador.

Nombre del entrevistado:

Cargo:

Fecha de entrevista:

1. ¿Trabaja en actividades relacionadas con la planificación del territorio y o gestión de riesgos de desastres naturales? ¿Qué tipo de actividades realiza, con quien las realiza y como las realiza?

2. ¿La institución ha elaborado planes de gestión de riesgos, planes de prevención y mitigación u otros similares para el territorio o alguna zona específica?

3. ¿Qué porcentaje de esos planes se ha ejecutado?

4. ¿La institución cuenta con algún tipo de equipo para prevenir y/o mitigar desastres naturales que puedan afectar a la comunidad?

5. Indique el cumplimiento de ordenanzas en cuánto a los permisos de construcción en los sectores rurales del cantón.

6.-Mencione temas prioritarios que deben ser atendidos por la institución en la que labora.

**VULNERABILITY TO THREATS SUCH AS: LAND SLIDES AND FLOODING
IN THE “RIO BLANCO” RIVER BASIN, IN IMBABURA PROVINCE,
ECUADOR.**

ABSTRACT

The present work was carried out in the “Río Blanco” river basin, in Imbabura province, Ecuador. The study was carried out in a series of phases, in which several activities were carried out in order to collect all the necessary information for the analysis and identification of landslide and flood threats, as well as for the determination of global vulnerability and finally propose prevention and mitigation measures against the threats and vulnerabilities (risks) identified. The identification of threats was made through the analysis and weighting of the different factors that intervene in their susceptibility and occurrence; In the case of landslides, factors such as slope, geology, vegetation cover, soil texture and rainfall were analyzed and weighted, in the case of floods factors such as: slopes, geomorphology, rainfall, vegetation cover and soil depth were considered. ; these factors were processed through Geographic Information Systems (GIS). The analysis and determination of vulnerability was carried out based on indicators determined in terms of exposure to threats, fragility of the exposed elements and the ability to adapt and respond; for which it was necessary to investigate and mainly process different official documents; also in this stage, it was conducted fieldwork through semi-structured interviews with the community leaders of the study area as well as with the institutions responsible for the management of the territory in the basin, such as the municipal and parish autonomous decentralized governments (AGD). The obtained results show that the “Río Blanco” basin has 4 levels of landslide hazards (high, medium, low, and “does not apply”), while flood threat has 2 levels (low and zero), in terms of vulnerability it presents different levels for each component and the overall vulnerability of the basin resulted in an average level. With the results obtained from the identification of threats and vulnerabilities, a proposal of prevention and mitigation measures was developed, this proposal contains both structural and non-structural measures. The results of this work and the proposed measures should be considered and applied by local authorities and other actors to promote the integral development of the territory and its population, thus incorporating risk management into the planning processes.

Keywords: threats, landslides, floods, vulnerability, prevention and mitigation measures



Victor Rodriguez
1715496129
[Signature]

Urkund Analysis Result

Analysed Document: MARTA MUENALA TESIS.pdf (D37975724)
 Submitted: 4/25/2018 9:30:00 PM
 Submitted By: jmoncada@utn.edu.ec
 Significance: 3 %

Supplied 180085951-2

Sources included in the report:

Tesis Francisco Almeida.docx (D19932354)
 urku.docx (D15010557)
 TESIS_SANTIAGO_VILCA.docx (D34923170)
 Final II.docx (D14944848)
 TESIS FINAL IMPRIMIR.pdf (D14632242)
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5237749.pdf>
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-49542017000100003
<http://idea.unalmz.edu.co/documentos/Anne-Catherine%20fase%20I.pdf>
http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3092/Medina_Yeidy_Samira_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/316/1/T-SENESCYT-0086.pdf>
<http://bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/234/387>
<http://bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/236/388>
https://www.researchgate.net/publication/269710355_CrudenDM_Varnes_DJ_1

Instances where selected sources appear: